

**Efeito de estratégias de rega
deficitária no desenvolvimento
vegetativo e produção de
Loureiro/ 1103-P na Região
Demarcada dos Vinhos Verdes**

Maria Helena Rocha Amorim

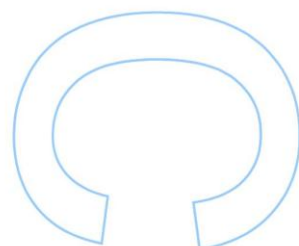
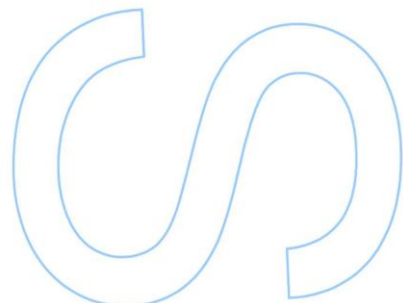
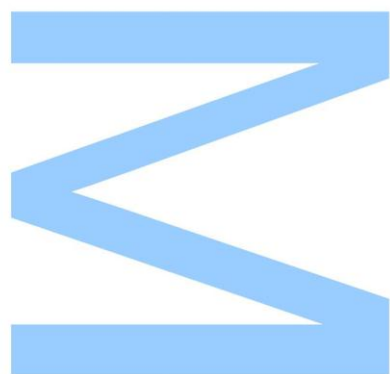
Mestrado Engenharia Agronómica
Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
2014

Orientador

Jorge Bernardo Lacerda Queiroz, Professor Auxiliar, FCUP

Coorientador

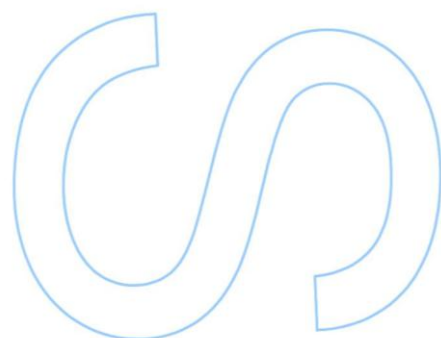
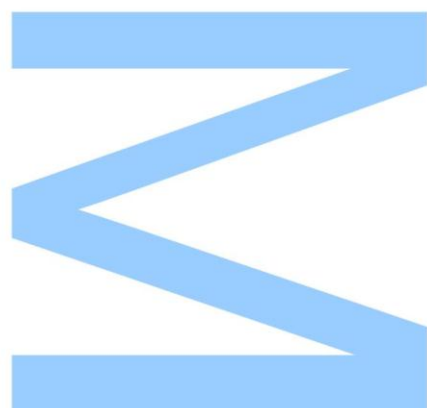
Amândio José Eleutério da Cruz, Engenheiro Agrónomo, ISA





Todas as correções determinadas
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.
O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



À memória do meu Pai e à minha Mãe

Obriguei o poderoso rio a correr de acordo com a minha vontade e conduzi as suas águas para fertilizar terrenos que até aí haviam sido estéreis e desabitados.

Inscrição no túmulo da rainha **Semiramis** da Assíria.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de deixar expresso o meu agradecimento a todos aqueles que me apoiaram e incentivaram no desenvolvimento deste trabalho e na escrita desta tese.

Deixo umas palavras em particular às seguintes pessoas:

Ao meu Orientador e Professor, Professor Dr. Jorge Bernardo Lacerda Queiroz, por ser um dos grandes entusiastas do vinho e da vinha.

À Professora Dr. Rita Cabrita pelo exemplar papel como directora do Mestrado em Engenharia Agrónoma na FCUP durante o meu 1º ano curricular e por nos entusiasmar e defender sempre.

À Quinta da Aveleda, S.A. na pessoa da Eng^a Maria José Machado pela oportunidade criada e pela disposição de condições para que este ensaio se realizasse; pelo apoio incondicional.

Ao Eng^o André Inácio pela inextinguível disponibilidade e apoio em todos os aspectos relacionados com o trabalho de campo e fornecimento de informação.

Ao Eng^o Amândio Cruz, pela co-orientação prestada.

À Ana Raquel Rodrigues e Ricardo Mendes por serem os mais entusiastas e dinâmicos futuros agrónomos; pela amizade.

Ao João Silva pela coerência e apoio.

Ao Paulo Santos pela ajuda de campo e em todo este projecto e pela amizade demonstrada.

Aos meus Amigos **e à Minha Família!**

RESUMO

No âmbito desta dissertação foi realizado um trabalho que visou o estabelecimento de relações hídricas e a implementação de modelos de rega deficitária numa parcela de casta/porta-enxerto Loureiro/1103-P na Quinta da Aveleda, Penafiel.

Foram quantificadas as necessidades hídricas ao longo do ciclo vegetativo e avaliados os indicadores do estado hídrico da vinha, com definição de um programa de rega. Através da quantificação da evapotranspiração (ETc) e da determinação do potencial hídrico foliar de base em diferentes estados fenológicos, foi possível inferir do estado hídrico da parcela em estudo e assim definir e implementar um plano experimental com quatro modalidades de rega num sistema de três replicados. As modalidades aplicadas foram: a M0, modalidade testemunha (não regada); a M1, modalidade de rega deficitária com início baseado no potencial hídrico de base ($< -0,2$ MPa) em regime de 75% de ETc; a M2, modalidade que preconizou 50% e 75% de ETc; e a M3, modalidade de conforto hídrico i.e., a 100% ETc. Foram ainda comparados alguns resultados com a rega preconizada pela Aveleda (AVEL).

Ocorreram quatro momentos de rega, todos após o vingamento e antes da vindima (a 16 de Setembro).

Finalmente procedeu-se à avaliação da resposta das videiras às modalidades de rega em termos de crescimento vegetativo, produção e qualidade.

Apesar de condicionalismos climáticos que prejudicaram a elaboração de um ensaio de rega num ano muito chuvoso, foi possível implementar as diferentes modalidades, embora os resultados apresentassem apenas ténues diferenças e nem sempre com significância estatística. As videiras sujeitas à M0 foram as que apresentaram pior condição hídrica, verificado pelo potencial de base. Em termos vegetativos, as M1 e M3 apresentaram melhores condições de área foliar e condições microclimáticas. Em termos de superfície foliar exposta, os melhores resultados pertenceram às M0 e M2, tendo também estas modalidades apresentado o melhor perfil em termos de teor alcoólico provável e acidez total.

A M2 apresentou os melhores valores em termos produtivos.

Reunindo toda a informação, as M1 e M2 poderão ser uma mais-valia, havendo necessidade de obter mais dados com mais robustez estatística, em pelo menos mais 2 a 3 ciclos vegetativos da videira.

Palavras-Chave: Rega deficitária; potencial hídrico de base; stress hídrico; relações hídricas; controlo de vigor; Loureiro; 1103-P.

ABSTRACT

The present study had the main objective of studying the effect of water availability in vine growth, berry quality and yield of Loureiro (*Vitis vinifera*, L.) variety grafted on 1103-P rootstock. The work was conducted in Quinta da Aveleda, Penafiel.

This study presents results from experiments carried in 2013/2014 vegetative cycle, where hydric studies were conducted in order to establish a deficitary irrigation scheme and its implications in vegetative growth, quality and yield.

Four water requirements were established and thus compared with the owner's irrigation scheme: M0, unwatered; M1, onset when predawn plant water potential < -0,2 MPa (75% ET_c); M2, 50 and 75% ET_c and M3, 100% ET_c.

The predawn plant water potential was measured with a pressure chamber and ET_c was calculated based on the Hargreaves-Samani equation.

Irrigation occurred at four distinct moments between July and September, after fruit set and before harvesting.

The different irrigation strategies were evaluated as a reflection in vegetative growth and yield.

Although the year was very problematic in climacteric ways, it was possible to implement the essay and to obtain results. M1 and M3 where (vegetative growth wise) the water requirements that provided the vines with better microclimatic conditions. Concerning the leaf surface, M0 and M2 presented the best results as for the alcohol content and total acidity of the grapes.

M2 provided the best results in terms of production.

M1 and M2 could be a valuable asset in the future but more data needs to be collected with more statistical robustness and for at least two more vegetative cycles.

Keywords: Deficit irrigation; water management; water stress; water-use efficiency; vigour control; Loureiro; 1103-P.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	IV
RESUMO	V
ABSTRACT	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABELAS.....	XV
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO DE CONHECIMENTOS	4
2.1. VITIVINICULTURA EM PORTUGAL.....	4
2.2. REGIÃO DEMARCADA DOS VINHOS VERDES	7
2.3. INDICADORES DO ESTADO HÍDRICO	13
2.3.1. Medição de água no solo e na planta	13
2.3.2. Cálculo da evapotranspiração	16
2.4. MODELOS DE REGA DEFICITÁRIA.....	16
2.5. DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA VIDEIRA.....	22
2.5.1. Relações hídricas e stress hídrico	22
2.5.2. Ecofisiologia e potencial hídrico foliar	24
2.5.3. Efeito da disponibilidade hídrica no desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade	28
3 – MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1. CARACTERIZAÇÃO DO ENSAIO	37
3.1.1. Localização da parcela	37
3.1.2. Delineamento experimental	39
3.1.3. Material vegetativo.....	40
3.1.3.1. Casta.....	40
3.1.3.2. Porta-enxerto.....	42
3.1.4. Sistema de condução e operações culturais.....	43
3.1.5. Solo e rega	44

3.2. METODOLOGIAS.....	45
3.2.1. Carga e estados fenológicos	45
3.2.2. Abrolhamento e fertilidade	45
3.2.3. Caracterização do coberto vegetal	45
3.2.3.1. Área foliar	46
3.2.3.2. Porosidade do coberto e Número de Camada de Folhas (NCF)	47
3.2.3.3. Dimensão do coberto e Superfície Foliar Exposta (SFE)	48
3.2.4. ET_0 e rega.....	49
3.2.5. Medições fisiológicas	51
3.2.5.1. Potencial hídrico foliar de base	51
3.2.6. Controlo de maturação	53
3.2.7. Avaliação quantitativa e qualitativa da vindima.....	53
3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DE DADOS	53
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA.....	54
4.2. EVOLUÇÃO FENOLÓGICA.....	57
4.3. POTENCIAL DE PRODUÇÃO	58
4.3.1. Taxa de abrolhamento, carga e fertilidade	58
4.4. EVAPOTRANSPIRAÇÃO E REGAS.....	61
4.5. POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR DE BASE	63
4.6. DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E VIGOR	66
4.6.1. Área foliar	66
4.6.2. Porosidade do coberto e número de camadas de folhas	69
4.6.3. Dimensão da sebe e superfície foliar exposta.....	71
4.7. PRODUÇÃO E QUALIDADE	75
4.7.1. Ensaios de maturação	75
4.7.2. Ensaio de vindima	78
4.8. RELAÇÃO FOLHAS/FRUTOS: SFE/RENDIMENTO	79

5 - CONCLUSÕES	80
6 - BIBLIOGRAFIA.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 - Evolução da produção de vinho por região de Portugal (em hL)	6
Fig.2 - Região Demarcada dos Vinhos Verdes	8
Fig.3 – Temperatura média do ar de 1973 a 2013, segundo o registado pela Estação Meteorológica do Porto	9
Fig.4 – Precipitação total (em mm) de 1973 a 2013, segundo o registado pela Estação Meteorológica do Porto	9
Fig.5 - Esquema de câmara de pressão com indicação do sentido de aplicação da pressão de azoto	15
Fig.6 - Fotossíntese, vigor, fotoassimilados disponíveis e distribuição de matéria seca nos bagos, de acordo com o nível de deficit hídrico	17
Fig.7 - Estratégias de rega em função do período vegetativo e dos objectivos produtivos. 1 – vinhas jovens; 2 – vinho de mesa; 3 e 4 – vinhos de qualidade	18
Fig.8 - Ciclos vegetativo e reprodutor da videira em climas temperados. C: choros; A: abrolhamento; F: floração; P: pintor; V: vindima; QF: queda da folha	24
Fig.9 - Estados fenológicos de Baggiolini	25
Fig.10 - Quinta da Aveleda (sede) com destaque para as parcelas Aperrela (Alvarinho) e Chêlo (Loureiro), esta última com particular destaque	38
Fig.11 - Esquema do delineamento experimental com quatro modalidades de rega (M0 a M4), três replicados (blocos) num total de 12 linhas de estudo (L2 a L35), sendo as restantes linhas de guarda	39
Fig.12 - Cachos da casta Loureiro, Chêlo, Aveleda, Setembro de 2014	41
Fig.13 - Folha da casta Loureiro, Chêlo, Aveleda, Setembro de 2014	41
Fig.14 - Gavinhas da casta Loureiro, Chêlo, Aveleda, Setembro de 2014	42
Fig.15 - Sistema de condução de uma videira da casta Loureiro, Chêlo, Aveleda, 14 de Maio de 2014	44

Fig.16 - Folha da casta Loureiro, Chêlo, Aveleda, com indicação das medidas dos comprimentos das nervuras para obtenção da área foliar.....	46
Fig.17 - Representação esquemática do processo usado para avaliar o número de camadas de folhas, percentagem de buracos, percentagem de folhas interiores e exposição de cachos. A seta representa a vareta metálica que atravessa o coberto para registo sequencial das intercepções com folhas e cachos.....	47
Fig.18 - Representação esquemática das medições de dimensão da sebe a efectuar para cálculo da superfície foliar exposta.....	48
Fig.19 - Representação esquemática das inserções efectuadas para determinação das dimensões de sebe.....	49
Fig.20 - Tabela FAO com Kc para a vinha.....	50
Fig.21 - Câmara de pressão utilizada para determinação do potencial hídrico foliar de base.....	51
Fig.22 – Folha de videira inserida na câmara de pressão.....	52
Fig.23 - Precipitação (em mm) de Outubro de 2013 a meados de Abril de 2014 e temperatura média (em °C) em igual período, segundo a Estação Vitivinícola Amândio Galhano	54
Fig.24 - Precipitação (em mm) registada entre 1 de Abril e 22 de Setembro de 2014 pela estação meteorológica localizada na Quinta Aveleda.....	55
Fig.25 - Humidade relativa registada entre 1 de Abril e 22 de Setembro de 2014 pela estação meteorológica localizada na Quinta da Aveleda.....	56
Fig.26 - Temperatura média registada entre 1 de Abril e 22 de Setembro de 2014 pela estação meteorológica localizada na Quinta da Aveleda (TM: temperatura média do ar; TN: temperatura máxima do ar; TX: temperatura mínima do ar).....	56
Fig.27 - Evolução fenológica da casta Loureiro, Quinta da Aveleda (Letras: estado fenológico de Baggiolini e datas de recolha de dados)	57
Fig.28 - Boxplot da taxa de abrolhamento e respectiva dispersão.....	59
Fig.29 - Valores médios da taxa de abrolhamento por bloco.....	59
Fig.30 - Valores de carga à poda nos diferentes blocos e respectivas dispersões dos valores.....	60

Fig.31 - Evapotranspiração de referência (ET_0) de 1 de Abril e 22 de Setembro de 2014 segundo dados recolhidos pela estação meteorológica da Quinta da Aveleda.....	61
Fig.32 - Valores de Ψ_0 (em MPa) por data e por modalidade (6 datas e 4 modalidades, de M0 a M3). Cada valor resulta de 2 determinações por unidade experimental num total de 6 folhas por modalidade. As setas indicam os 4 momentos de rega.....	64
Fig.33 - Evolução da área foliar total (em m^2 /videira) por modalidade (M0 a M3) nas 4 datas de recolha dos dados, com os respectivos erros-padrão.....	66
Fig.34 - Evolução da área foliar total, principal e netas (AFT, AFP e AFn) (em m^2 /videira) por modalidade (M0 a M3) nas 4 datas de recolha dos dados, com os respectivos erros-padrão.....	68
Fig.35 - Média dos valores de número de camadas de folhas a nível dos cachos e vegetativo (respectivamente NCFc e NCFv), por modalidade (M0 a M3) com os respectivos erros-padrão.....	69
Fig.36 - Média dos valores de altura de sebe (H), largura de sebe na base (Lb), largura da sebe a nível vegetativo (Lv), largura da sebe no topo (Lt), por modalidade com os respectivos erros-padrão.....	72
Fig.37 - Média dos valores de percentagem de folhas interiores a nível vegetativo (PFIv) e largura da sebe a nível vegetativo (Lv) por modalidade com os respectivos erros-padrão.....	73
Fig.38 - Média dos valores de superfície foliar exposta (SFE) (m^2) por modalidade com os respectivos erros-padrão.....	74
Fig.39 - Média dos valores de superfície foliar exposta (SFE) (m^2), área foliar (AF) (m^2) e AF/SFE por modalidade de rega.....	75
Fig.40 - Média dos valores de teor alcoólico provável por modalidade de rega (M0 a M3 e M4: Aveleda) nas datas de 4 e 12 de Setembro.....	75
Fig.41 - Média dos valores acidez total por modalidade de rega (M0 a M3 e M4: Aveleda) nas datas de 4 e 12 de Setembro.....	76
Fig.42 - Evolução dos valores de ácido málico (g ácido málico/ dm^3) por modalidade de rega (M0 a M3 e M4: Aveleda).....	77

Fig.43 - Evolução dos valores de ácido tartárico (g ácido tartárico/dm³) por modalidade de rega M0 a M3 e M4: Aveleda77

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo das principais características do porta-enxerto 1003-P.....	43
Tabela 2 – Valores médios de carga à poda, taxa de abrolhamento (TA) e índice foliar prático (IFP) por bloco. São apresentados valores de significância obtidos pela aplicação de um teste de análise de variância unidireccional (ANOVA). (n.s.: implica ausência de diferenças estatisticamente significativas para um valor de significância de 0,05).....	60
Tabela 3 – Regas efectuadas e respectivas datas; valores de precipitação (em mm) usados para o cálculo de cada rega e dotação de rega (em mm) para cada modalidade.....	62
Tabela 4 – Regas efectuadas e respectivas datas; valores de dotação de rega em L.....	62
Tabela 5 - Valores médios do Ψ_0 por modalidade de rega, referentes à determinação de 24 de Junho Valores com letras diferentes pertencem a diferentes grupos de significância segundo o teste de Duncan ($p<0,05$). Nível de significância: *0,05.....	65
Tabela 6 - Valores médios do Ψ_0 por modalidade de rega, referentes à determinação de 24 de Junho Valores com letras diferentes pertencem a diferentes grupos de significância segundo o teste de Duncan ($p<0,05$). Nível de significância: **0,01.....	65
Tabela 7 - Valores médios de área foliar total (AFT), área foliar principal (AFP) e área foliar das netas (AFN) em $m^2/videira$, por modalidade de rega, referentes à determinação de 14 de Maio, 24 de Junho e 04 de Setembro. Níveis de significância segundo ANOVA. n.s.: não significativo; *0,05. N=9 para cada modalidade e N=27 para cada variável.....	67
Tabela 8 – Valores médios de área foliar total (AFT), área foliar principal (AFP) e área foliar das netas (AFN) em $m^2/videira$, por modalidade de rega, referentes à determinação de 19 de Junho. Níveis de significância segundo ANOVA. n.s.: não significativo; *0,05. N=9 para cada modalidade e N=27 para cada variável.....	67
Tabela 9 - Valores médios de área foliar total (AFT) em $m^2/videira$, por modalidade de rega, referentes à determinação de 04 de Setembro. Valores com letras diferentes	

pertencem a diferentes grupos de significância segundo o teste de Duncan ($p < 0,05$).
Nível de significância: $*0,05$68

Tabela 10 - Valores médios de número de camadas de folhas a nível dos cachos (NFCc) por modalidade de rega. Valores com letras diferentes pertencem a diferentes grupos de significância segundo o teste de Duncan ($p < 0,05$). Nível de significância segundo ANOVA $*0,05$. N=60 para cada modalidade.....70

Tabela 11 - Valores médios de percentagem de folhas interiores a nível dos cachos (PFIc) por modalidade de rega. Valores com letras diferentes pertencem a diferentes grupos de significância segundo o teste de Duncan ($p < 0,05$). Nível de significância segundo ANOVA: $**0,01$. N=60 para cada modalidade.....70

Tabela 12 – Valores médios de número de camadas de folhas a nível do cacho e vegetativo (NCFc, NCFv), de percentagem de folhas interiores a nível dos cachos e vegetativo (PFIc, PFIV), por modalidade de rega. Nível de significância segundo ANOVA: $***0,01$. N=160.....71

Tabela 13 - Valores médios de largura da sebe a nível vegetativo (Lv) por modalidade de rega. Valores com letras diferentes pertencem a diferentes grupos de significância segundo o teste de Duncan ($p < 0,05$). Nível de significância: $***0,001$72

Tabela 14 - Valores médios de superfície foliar exposta (SFE) (m^2/ha) por modalidade de rega. Valores com letras diferentes pertencem a diferentes grupos de significância segundo o teste de Duncan ($p < 0,05$). Nível de significância: $***0,001$73

Tabela 15 – Índices de maturação por modalidade a 4 de Setembro, 12 de Setembro e 16 de Setembro.....76

Tabela 16 – Valores médios de teor alcoólico provável (TAP), acidez total (AT), pH, ácido málico (Am) e ácido tartárico (At) por modalidade (M0 a M3). Significância pelo ANOVA a um factor; n.s – não significativo ao nível $p < 0,05$78

Tabela 17 – Valores médios de nº cachos/videira, produção por cepa (Kg) e peso do cacho (g) por modalidade (M0 a M3). Significância pelo ANOVA a um factor; n.s. – não significativo ao nível $p < 0,05$78

1. INTRODUÇÃO

Devido a uma resposta versátil e plástica da videira a factores externos de condicionamento ambiental, a abordagem agronómica a esta cultura pautou-se sempre por observar a padrões sub-óptimos no que concerne aos vários componentes tecnológicos e de sistemas culturais (Egito, 2011). A limitação da nutrição em água, é um tipo de condicionamento, muitas vezes responsável por um aumento da qualidade de produção de uvas para vinhos, sem afectar a produtividade e rendimento (Chaves *et al.*, 2007)

A vinha da zona Mediterrânica, apesar de bem adaptada às condições de clima semi-árido, devido ao desenvolvimento de um sistema de raízes em profundidade e a mecanismos como o controlo estomático da transpiração e o ajuste osmótico, encontra situações climáticas cada vez mais extremadas e como tal, de difícil absorção do impacto (Chaves *et al.*, 2010).

A previsão do aumento da aridez global, nomeadamente no Sul da Europa, assim como uma tendência para maior irregularidade de precipitação, irão determinar alterações nas práticas vitícolas e enológicas, de modo a comportar novos desafios inerentes a estas previsões (Cifre *et al.*, 2005; Rizza *et al.*, 2004; Santos *et al.*, 2007).

A rega e diferentes estratégias de rega são assim instrumentos fundamentais, para uma melhoria da eficiência do uso de água assim como da produtividade e qualidade das uvas (Cifre *et al.*, 2005), garantindo uma optimização da razão *source/sink*, equilibrando o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo e evitando um excessivo vigor (Chaves *et al.*, 2007).

A rega da vinha porquanto existente nas diferentes regiões do globo difere quanto às estratégias seguidas, sendo o momento e frequência de rega assim como a quantidade de água usada, os factores mais impactantes. A implementação de uma determinada estratégia de rega depende em grande parte, do conhecimento tecnológico em cada região, da vontade dos viticultores, das características climáticas e dos objectivos produtivos e de qualidade estabelecidos em cada caso (Magalhães, 2008). As duas estratégias mais conhecidas até ao momento e excluindo a irrigação deficitária (que não requer controlo técnico específico) são as designadas *regulated deficit irrigation* (RDI) e *partial rootzone drying* (PRD) (Chaves *et al.*, 2010).

A Região Demarcada dos Vinhos Verdes, em Portugal, sempre foi tradicionalmente uma região em que a vinha aparecia (e ainda aparece mas em menor

escala) consociada com outras culturas, nomeadamente milho, batata, couve, feijão e ainda com pastos na entrelinha. Esta situação permitiu que a vinha ficasse estrumada e regada desde a Primavera até à maturação dos cachos e daí que a questão da rega nunca tenha sido muito considerada e até certo ponto desnecessária, até ao momento em que a prática vitícola na região ficou mais especializada, fruto de um programa de reconversão de vinha, com o surgimento de vinhas estremes e em zona de encosta (Castro, 2010).

Assim, as práticas culturais e as condições edafo-climáticas da região levaram a um desenvolvimento exagerado do vigor das videiras com vinhos com baixo a médio teor alcoólico e elevada acidez. A reconversão das vinhas alterou um pouco o perfil agronómico, passando a haver vinhas estremes, em zonas de encosta, com terrenos mais pobres e mais expostas ao estio do Verão, o que obrigou a considerar mais enfaticamente as operações de fertilização e também de rega. O estudo da prática da rega tem sido intenso desde o ano 2000, onde actualmente se considera a rega no âmbito vitícola como prática agrícola, mas também como uma ferramenta de gestão do stress hídrico da videira, que em certos casos é essencial para garantir parâmetros de produção, rendimento e qualidade delineados *a priori* (Lopes, 2008; Magalhães 2008).

Existe uma relação relativamente bem definida entre o estado hídrico da vinha e a qualidade obtida (Castro, 2010; Magalhães, 2008). No entanto, como a questão do stress hídrico é variável consoante a região vitícola, solos e castas, há necessidade de, para cada caso, avaliar o impacto de diferentes regimes hídricos no comportamento fisiológico, de rendimento e qualidade da videira. Existem parâmetros eco-fisiológicos, produtivos e de qualidade que determinados em função de um delineamento experimental de rega, fornecem dados concretos e efectivos do impacto dessa estratégia de rega.

Para aferir do estado hídrico da videira, recorre-se à técnica de referência que é a determinação do potencial hídrico foliar (Ψ_f), através do recurso a uma câmara de pressão (Magalhães, 2008; Magalhães, 2012). O potencial de base (Ψ_0), é medido de madrugada, onde se admite que haja um equilíbrio entre o potencial da planta e o potencial do solo. É também menos susceptível às condições ambientais e como não há transpiração a ser desenvolvida (relativamente às medições diurnas) está bem correlacionada com outros indicadores e admite valores de referência na bibliografia (Magalhães, 2008; Magalhães, 2012; Silvestre *et al.*, 2006).

Com base nas determinações do potencial hídrico foliar de base e no estabelecimento de relações hídricas com recurso a determinações complementares, é possível traçar um perfil hídrico de determinada casta implementada em determinado solo e assim inferir de um esquema de rega deficitário (stress hídrico progressivo) otimizado.

2. REVISÃO DE CONHECIMENTOS

2.1. VITIVINICULTURA EM PORTUGAL

O cultivo da vinha na Península Ibérica ter-se-á iniciado em cerca de 2000 A. C. pelos Tartessos. Seguiram-se várias invasões por outros povos, entre Fenícios, Gregos, Celtas, Romanos e Árabes, que através das suas influências foram moldando a face da viticultura (IVV, 1991).

As videiras pertencem à Ordem das Ramnales e a uma de duas famílias: Vitáceas ou Ampelídeas. A família das Vitáceas comporta dezoito géneros, de entre os quais, o género *Vitis*, que por sua vez compreende os subgéneros *Euvitis* e *Muscadinea*.

O subgénero *Euvitis* compreende três troncos: o tronco Americano (que constitui a maior fonte dos actuais porta-enxertos), o tronco Asiático e o tronco Euro-Asiático. As espécies que efectivamente povoam a região Europeia pertencem ao tronco Euro-Asiático (IVV, 1991).

Em Portugal, a viticultura realiza-se entre 37º e 42º Norte (latitude) e entre 7º e 9,5º Oeste (longitude), no âmbito de um clima mediterrânico (Queiroz, 2002). Sempre se constituiu como uma actividade agrícola com grande importância económica mas também social.

A cultura da vinha processa-se em todos os Continentes, sendo a União Europeia responsável por cerca de 45% da área total cultivada, cerca de 60% da produção e 60% do consumo mundial (MADRP, 2007). A área mundial de vinha em 2005 era de 7 929 000 hectares.

Em 2004, Portugal contribuía com 7% da área de cultivo, 4% da produção e 3,2% de valor gerado (MADRP, 2007). Há grande heterogeneidade entre os países da União Europeia em termos de áreas, produção e valor, assim como entre as próprias regiões de cada país e de ano para ano. Por exemplo, Portugal atingiu em 2004, uma produtividade de 28 hectolitros (hL)/hectare e o Luxemburgo 144 hL/hectare (MADRP, 2007).

Segundo dados do INE (INE, 2005), a vinha está presente em 55% das explorações agrícolas, constituindo 40 147 explorações. Ocupa uma área total de 195,5 mil hectares, estando a maior área concentrada na região de Trás os Montes

com 60 143 hectares. A Região do Entre Douro e Minho contempla uma área de 24 544 hectares (INE, 2005).

Em Portugal a área cultivada entre 1986 -1990 rondou os 282 mil hectares, tendo reduzido para cerca de 248 mil hectares em 2005, correspondendo a uma retracção de 12%. Em 2011, volta a haver uma diminuição na superfície cultivada para 240 mil 478 hectares (OIV, 2014).

Em 2005 a dimensão média da exploração vitícola era de 1,1 hectare com valores para o Alentejo de 7 hectare e para o Entre Douro e Minho (EDM) de 0,5 hectare. A dispersão no EDM é aliás considerável, com 2/3 da vinha disposta em parcelas com menos de 0,5 hectare (INE, 2005).

Segundo dados do INE (INE, 2009) a vinha ocupava uma área total de 177 381 hectares correspondendo a 156 404 explorações (INE, 2012). Este decréscimo deveu-se em grande parte aos programas de apoio ao arranque da vinha assim como de apoio a reestruturação e reconversão.

Em termos de área de vinha destinada à produção de VQPRD (Vinho de Qualidade Produzido em Região Determinada), DOC (Denominação de Origem Controlada) e IPR (Indicação de Proveniência Regulamentada), a maior concentração verifica-se nas regiões Norte e Centro, correspondendo também às regiões onde a vinha apresenta uma maior idade. Só a região Minho, em 2006, apresentava uma percentagem de 73% de área de vinha plantada antes de 1970. O programa Vitis, de ajuda comunitária à reestruturação da vinha, veio alterar um pouco o perfil etário da vinha, tendo sido responsável no período entre 2000-2007 por uma reestruturação de cerca de 31 000 hectares (MADRP, 2007).

Em termos de produção de vinho, desde 2000/2001 a 2006/2007 pautou-se por valores acima dos 6 milhões de hL (IVV, 2013).

Em 2012 a produção total de vinho foi de 5 572 402 hL, tendo sido exportado para a Europa Comunitária e Países Terceiros um total de 3 385 714 hL (55,8% Europa Comunitária e 44,2% para Países Terceiros) (IVV, 2013). Em 2013 a produção total de vinho foi de 6 625 475 hL, tendo sido exportado um total de 3 059 963 hL (54,1% Europa Comunitária e 45,9% para Países Terceiros). Nestes dois anos, valores entre 61 e 71% correspondem a produto engarrafado e o restante a granel (IVV, 2013). Em termos de volume, o principal destino é Angola; em termos de preço é a França (IVV, 2013).

Em termos regionais e tendo como enfoque a campanha 2005/2006, verificou-se um relativo equilíbrio nas regiões em termos de produção de vinhos de mesa, vinhos regionais e VQPRD. Já o Minho e Alentejo, revelaram uma maior tendência para vinhos regionais e VQPRD (MADRP, 2007).

Em 2011, de uma produção de 5,6 milhões de hL, 3,08 milhões foram exportados. Houve ainda necessidade de importar cerca de 1,58 milhões de hL. O consumo *per capita* anual foi de 43,69 litros (OIV, 2014).

O IVV, I.P., publicou ainda uma nota informativa com as previsões de produção de vinho para a campanha 2014/2015 (IVV, 2014 a). Estima-se que a produção de vinho na campanha 2014/2015 atinja um volume de 5,9 milhões de hectolitros, o que corresponderá a uma quebra de cerca de 5,7% relativamente à campanha de 2013/2014. Esta quebra é sustentada pela maioria das regiões, com preponderância para a Região do Dão, com quebras de 25% e sem intervenção de regiões como a Península de Setúbal, dos Açores, do Algarve, Terras de Cister e ainda Alentejo (IVV, 2014 a).

Na Figura 1 apresenta-se a evolução da produção de vinho em hL por Região, desde a campanha 2009/2010, já com a inclusão das previsões para 2014/2015 (IVV, 2014 a).

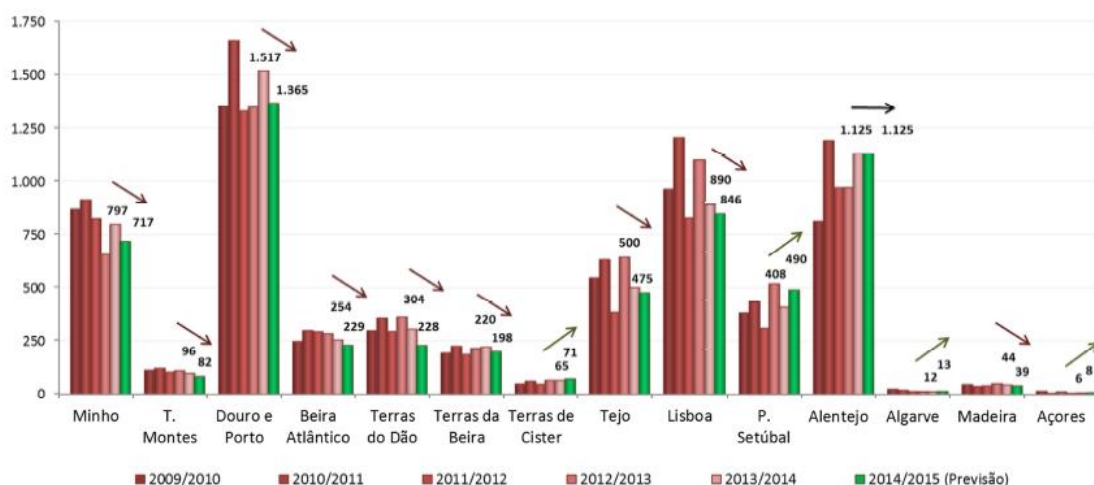


Figura 1: Evolução da produção de vinho por região de Portugal (em hL) (IVV, 2014 a).

Na região Minho as produções registadas foram: para a época 2009/2010 de 867 mil hectolitros; para a campanha 2010/2011 de 912 mil hectolitros; para a

campanha 2011/2012 de 823 mil hectolitros; para a campanha 2012/2013 de 655 hectolitros; para a campanha 2013/2014 de 797 hectolitros (IVV, 2014 a).

Verifica-se que na Região Minho, há uma quebra de cerca de 10%, muito devido às condições à floração, de ocorrência de chuvas e temperaturas frescas, que contribuíram para bagoinha e desavinho, apesar da floração ter sido relativamente precoce. Ainda a considerar para estes valores, os casos de flavescência dourada (particularmente Ponte de Lima e Amares), oídio, míldio e queda de granizo em alguns concelhos (IVV, 2014 a).

2.2. REGIÃO DEMARCADA DOS VINHOS VERDES

O Noroeste de Portugal Continental é caracterizado pela existência de explorações agrícolas de pequenas dimensões, de grande recorte paisagístico, altitudes máximas de 1100 m e grande disponibilidade de água (Castro, 2010). Esta Região é protegida a Este por formações montanhosas e muito recortada pelos vales de rios como o Minho, Lima, Cávado, Ave, Sousa, Tâmega e Douro (Castro, 2010). A região do Entre Douro e Minho é largamente coincidente com a Região Demarcada dos Vinhos Verdes.

A Região Demarcada dos Vinhos Verdes foi primeiramente demarcada em 1908, sendo a sua delimitação final feita em 1929, com contornos que ainda hoje são mantidos, apresentando em 2012 cerca de 21 000 hectares (CVRVV, 2002).

Em Portugal estão reconhecidas e protegidas trinta e três denominações de origem e oito indicações geográficas (Magalhães, 2008). A Região Demarcada dos Vinhos Verdes corresponde à maior região demarcada vitícola nacional (Garrido e Mota, 2004). Apresenta como limites o Rio Minho (Norte), o Rio Douro (Sul), Oceano Atlântico (Oeste) e formações montanhosas Peneda, Gerês, Cabreira e Marão (Este) (Garrido e Mota, 2004).

A Região Demarcada dos Vinhos Verdes encontra-se dividida em nove sub-regiões, consignadas na Portaria nº28/2001 de 16 de Janeiro e Portaria nº 291/2009 de 23 de Março: Amarante, Ave, Baião, Basto, Cávado, Lima, Monção, Paiva e Sousa (Figura 2) (Castro, 2010; Garrido e Mota, 2004). São portanto e de uma maneira geral, as bacias dos rios e de alguns seus afluentes, os marcadores das sub-regiões (Garrido e Mota, 2004).

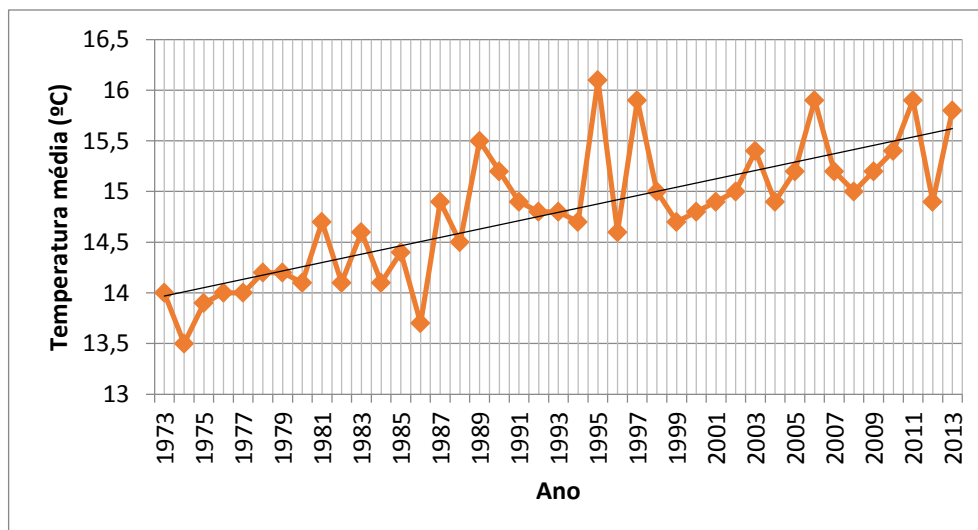


Figura 3. Temperatura média do ar de 1973 a 2013, segundo o registado na Estação meteorológica do Porto.

No que concerne ao perfil de precipitação, verifica-se que este se apresenta irregular, com anos a registar precipitações totais de 820 mm e outros anos com praticamente o dobro e com carácter cíclico. Há um perfil muito irregular, que torna as previsões menos fáceis do que relativamente ao perfil de temperatura média do ar (Pordata, 2014). Verifica-se também que a tendência geral tem sido de um ligeiro decréscimo ao longo das últimas quatro décadas (Figura 4).

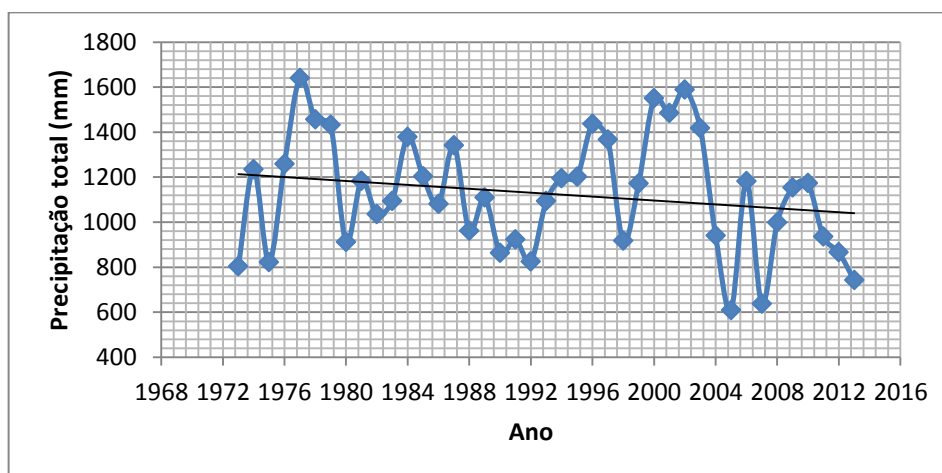


Figura 4. Precipitação total (em mm) de 1973 a 2013, segundo o registado na Estação meteorológica do Porto.

Neste sentido, em que as temperaturas médias do ar têm assistido a um aumento gradual e os níveis de precipitação a diminuir, a importância da necessidade de rega, só por esta via, já estaria suficientemente justificada.

A questão da fertilidade do solo prende-se com questões históricas de ocupação dos solos com culturas diversas, algumas em consociação (como milho com feijão e azevém) e as inerentes mobilizações do solo e aplicação de estrume na Primavera assim como as regas efectuadas por gravidade com água de minas, fontes ou poços. A vinha estava predominantemente localizada nas bordaduras, o que implicava que fosse regada quando as culturas eram regadas e estrumada quando as culturas eram estrumadas (Castro, 2010; CVRVV, 2002).

O gado, principal elemento do trabalho agrícola durante muito tempo, foi o fornecedor de estrume que sempre foi usado com discricionariedade. Daí que um solo à partida com fracas características de fertilidade tenha evoluído ao longo dos séculos para um terreno relativamente rico em matéria orgânica, devido às persistentes incorporações de fertilizantes naturais (CVRVV, 2002).

Nas décadas de 20 e 30 do Séc. XX verificou-se o início do aumento das vinhas contínuas (a Quinta da Aveleda em Penafiel procedeu a um aumento da área de vinha contínua ainda em pleno Séc. XIX) (Castro, 2010).

A condução da vinha é também uma característica que por um lado é particular desta Região e por outro lado tem assistido a uma evolução considerável nas últimas décadas (Castro, 2010). A Região dos Vinhos Verdes preconiza um tipo de viticultura de origem celta e etrusca, onde há grande espaço para uma vegetação densa e livre numa tipologia de vinha alta e larga, o que necessariamente implica baixas densidades (Castro, 2010).

A vinha no Noroeste Português já existia no tempo das invasões Romanas mas foi desde a colonização do milho no Séc. XVI, que se consagrou a tipologia de vinha em bordadura, deixando a área principal de terreno para as mais diversas culturas. A cultura da vinha em “enforcado”, isto é, o recurso a tutores vivos como base de orientação da liana videira teve grande expressão até meados do século passado (Castro, 2010). No início do Séc. XX, impôs-se a tipologia de “ramada”, com maior expressão nas zonas litorais (Castro, 2010). Na segunda metade do Séc. XX e com uma cultura vitícola mais empresarial, as vinhas contínuas surgiram com mais intensidade e a tipologia de condução tipo “cruzeta”, atingiu um pico de expressão entre os anos 60 a 80 (Castro, 2010).

A “cruzeta” trouxe uma simplificação das operações culturais, com menores custos de instalação e de produção, mas também, um microclima deficientemente

arejado e captador de luminosidade, com necessidade do surgimento de novo sistema, nomeadamente o “cordão duplo ou sobreposto” (Castro, 2010).

Toda esta evolução nos sistemas de condução teve sempre e de certa maneira ainda tem, uma série de características que necessitam de ser optimizadas, nomeadamente o facto de se continuar com baixas densidades de plantação, deficiente microclima nas sebes, deficiente colonização dos solo pelas raízes e desequilíbrio no vigor (Castro, 2010). Aliás, a questão dos aumentos de produtividade com base no aumento da densidade de plantação, tem sido uma temática envolta em activa discussão, com visões mais conservadoras ou mais progressistas. Convém lembrar que este debate tem-se tornado mais actual, em parte devido às novas consignações estabelecidas, em que a partir da vindima da campanha 2014/2015, o limite máximo de rendimento por hectare para vinhas aptas à produção de Vinho Verde passa de 13,5 toneladas a 15 toneladas/hectare (CVRVV, 2014).

De densidades instaladas tipicamente de 1333 e 1667 plantas /hectare, assiste-se ao aparecimento de densidades de 4000 ou mais, plantas por hectare, com disposição metro a metro (CVRVV, 2014). O maior custo de plantação é unânime, para João Pereira (Adega Cooperativa de Ponte da Barca) e Maria José Machado (Aveleda SA), mencionando João Pereira, “caso o compasso/densidade não seja bem ponderado e/ou ensaiado, pode existir algum risco de controlo de vigor” e Maria José Machado, “acréscimo de despesas...quer pelo investimento inicial, quer pelo aumento das horas de mão de obra” (CVRVV, 2014).

Maria José Machado advoga densidades mais elevadas através de várias vantagens (CVRVV, 2014):

- 1 - “o preenchimento do cordão mais rápido;
- 2 - redução dos problemas de acrotonia, evitando o desguarnecimento do cordão com a idade;
- 3 - aumento do volume do tronco por hectare, proporcionando maiores reservas;
- 4 - maior densidade e profundidade do sistema radicular, permitindo maior resistência à seca e melhor absorção de elementos;
- 5 - maior superfície foliar exposta e, como consequência, melhor processo de maturação e maior quantidade de reservas;
- 6 - menor produção por videira, permitindo maior longevidade da planta”.

O facto de também se ter privilegiado um tipo de poda curta ao longo dos tempos, com baixa carga por hectare e uma deficiente contenção do vigor em termos de densidades de folhagem, não contribuiu e até adensou a problemática do desequilíbrio entre superfície foliar total e exposta, com deficiente luminosidade e arejamento do coberto vegetal (Castro, 2010).

A procura de solução destes problemas, mas principalmente a necessidade de mecanização das operações culturais vitícolas, levou ao surgimento do “cordão simples” (monoplano vertical) numa abordagem retombante e ascendente. O monoplano vertical ascendente tem ganho rapidamente protagonismo e embora garanta operações mecanizadas como desposta, pré-poda e vindima, acarreta também alguns potenciais problemas como uma menor capacidade produtiva e um desequilíbrio da relação entrelinha/altura da sebe (Castro, 2010).

Actualmente há também um cuidado no controlo de infestantes, com uso de herbicidas, intercepas ou trabalho manual na linha e enrelvamento ou cultura de leguminosas na entrelinha (Castro, 2010).

Relativamente a utilizar na elaboração de vinhos e produtos vitivinícolas com denominação de origem “Vinho Verde”, elas fazem parte do anexo II da Portaria nº 216/2014 de 17 de Outubro e são as seguintes: alvarinho, arinto (pedernã), avesso, azal, batoca (alvaraça), cainho, cascal, diagalves, esganinho, esganoso, Fernão-pires (maria gomes), folgazão, gouveio, loureiro, lameiro, malvasia-fina, pintosa, são mamede, semillon, sercial (esgana-cão), tália (ugni-blanc), trajadura (treixadura), alicante-bouschet, alvarelhão (brancelho), amaral, бага, borraçal, doçal, doce, espadeiro, espadeiro-mole, grand-noir, labrusco, mourisco, padeiro, pedral, bical, rabo de anho, sezão, touriga nacional, trincadeira (tinta amarela), verdelho-tinto, verdial-tinto, vinhão (sousão). Rogério de Castro faz ainda uma divisão das castas brancas mais importantes em três tipos: castas genuínas da região (Azal Branco, Avesso); Castas do Noroeste Peninsular (Alvarinho, Loureiro, Trajadura) e Casta Nacional climaticamente plástica (Arinto) (Castro, 2010). A mudança de vinha de bordadura para estreme tem sido acompanhada de um maior protagonismo das castas brancas em relação às castas tintas (Castro, 2010).

As pressões comerciais no sentido da exigência de vinhos brancos mais frescos, ácidos, aromáticos, jovens e frutados, tem feito da Região Demarcada dos Vinhos Verdes um alvo perfeito para estratégias de aumento de consumo interno e estratégias de internacionalização. É uma Região que exporta actualmente cerca de metade da sua produção, i.e., cerca de 60 milhões de garrafas (IVV, 2014 b). Assim sendo,

assiste-se a um retomar de conceitos de conforto hídrico e de fertilização muito próximos dos princípios preconizados tradicionalmente na Região. É uma Região que assiste normalmente a níveis de pluviosidade significativos (cerca de 1500 mm ao ano) até à Primavera mas tem assistido cada vez mais a Verões mais quentes e secos, o que implica cada vez mais o recurso à rega da vinha (CVRVV, 2002; Rosinhas, 2012).

O estado hídrico é assim um aspecto que ganha peso e importância, sendo essencial garantir que na prossecução dos objectivos qualitativos apreciados neste tipo de vinhos, se reconheçam as vantagens da aplicação da rega não só como uma estratégia de manutenção do estado hídrico da videira mas também como uma estratégia de gestão do stress hídrico.

2.3. INDICADORES DO ESTADO HÍDRICO

O estado hídrico da videira resulta de um balanço entre absorção e perdas de água por transpiração e evaporação (da videira, da flora na linha e entre-linha e do solo). O estado hídrico de uma videira vai influenciar certos parâmetros das uvas, de forma qualitativa e quantitativa, como o teor em açúcares, a acidez total, a composição fenólica e o perfil de precursores aromáticos (Magalhães, 2008).

De modo a monitorizar o estado hídrico da planta ou do solo, a rega e o nível de stress hídrico desejado, recorre-se a métodos directos e indirectos de medição de água (Magalhães, 2008). Estes indicadores, usados isoladamente ou em conjunto, permitem uma tradução desse estado para uma base mensurável e como tal, comparável. De entre os indicadores do estado hídrico há a considerar as medições directas, que podem envolver planta ou solo e as medições indirectas.

2.3.1. Medição de água no solo e na planta

As medições indirectas baseiam-se na reacção da planta ao estado hídrico e envolvem determinações da temperatura do coberto; alterações nas dimensões da planta; transpiração relativa; observação visual e abertura estomática. A observação visual é a medida (empírica) que se usa em maior extensão como determinante do momento de rega. A observação visual passa pela detecção dos primeiros sinais visíveis de stress, nomeadamente a diminuição do ângulo do eixo entre o pecíolo e o plano da folha; diminuição de crescimento e inibição do crescimento internodal. O

amarelecimento e acastanhamento das pontas das folhas e das gavinhas assim como abscisão de folhas e/ou flores, deve ser evitado na medida em que são reveladores de um stress hídrico já exageradamente intenso.

As medidas directas, ao reflectirem o estado hídrico instantâneo, devem ser consideradas, antes de qualquer estabelecimento de um plano de rega. Complementadas com as medições indirectas, aumentar-se-á a robustez da informação recolhida.

Para avaliar a água no solo, há a considerar a medição do potencial de água, que mede a força de retenção da água pelo solo (através de tensiómetros que medem o potencial com que a água está retida e através de blocos de resistências eléctricas, que medem a resistência à passagem de corrente eléctrica) e o teor de água (por gravimetria, sonda de neutrões e métodos baseados nas propriedades dieléctricas do solo) (Magalhães, 2008; Prichard *et al.*, 2004).

As medições directas da água na planta são de natureza fisiológica. Assim, há a considerar a medição das trocas gasosas entre folha e atmosfera, por resistência estomática através do IRGA (*Infrared Gas Analyser*), que regista temperatura do ar, temperatura da folha, transpiração, fixação de CO₂ e condutância estomática (Magalhães, 2008; Soar *et al.*, 2006). Outro método, é o estabelecimento da relação isotrópica ¹²C/¹³C, tendo por base o carbono presente na atmosfera ser 98,9% ¹²C e 1,1% ¹³C (Magalhães, 2008). O método a que mais se recorre e que é tido como referência nas determinações do estado hídrico da videira é a medição do potencial hídrico foliar.

O potencial hídrico foliar traduz o estado energético da água na planta, estando dependente da resistência oferecida pelo circuito solo-folha, da evaporação real instantânea e do potencial médio do solo na zona radicular. Fornece uma estimativa do potencial médio da água no solo, constituindo-se como um bom indicador do estado hídrico da planta (Magalhães, 2008; Prichard *et al.*, 2004; Taylor *et al.*, 2010, Williams *et al.*, 2002).

Recorre-se para esta medição, a uma câmara de pressão de Scholander, que é uma câmara hermética, onde se introduz a folha com o pecíolo a estabelecer uma ligação com o exterior através de um pequeno orifício existente na tampa da câmara. É seguidamente aplicada uma pressão crescente de azoto e a partir do momento em que se observa uma gotícula no pecíolo cortado, regista-se o valor observado no manómetro (Figura 5). Esse valor, corresponde ao potencial hídrico foliar.

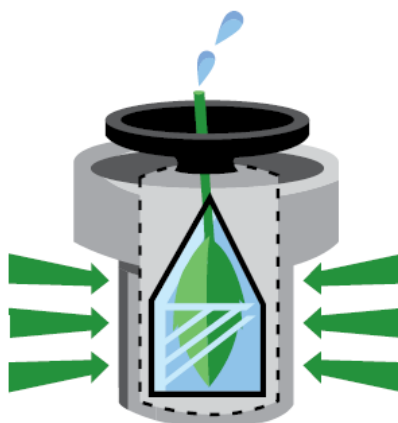


Figura 5: Esquema de câmara de pressão com indicação do sentido da aplicação da pressão de azoto (PMS, 2014).

Num solo provido de água e em condições de céu limpo, o potencial hídrico foliar começa a diminuir ao início da manhã e até ao meio dia solar, recuperando ao início da noite, até restabelecer os valores próximos do potencial de base. O potencial de base corresponde a medições feitas de madrugada, sendo um óptimo indicador da humidade no solo e é independente de variações ambientais (Magalhães, 2008). Assim, há a considerar o potencial de base (medido de madrugada), o potencial mínimo (medido ao meio dia solar) e o potencial ao final do dia. Pode-se ainda determinar o potencial do pêncano.

O potencial mínimo, medido ao meio-dia solar, é muito dependente da evapotranspiração e portanto sensível às condições ambientais.

O potencial do pêncano é determinado impedindo as folhas de transpirar, envolvendo as folhas em película de alumínio durante 1 a 2 horas antes da medição. Tem como base o facto de se admitir que o potencial da folha está em equilíbrio com o potencial do pêncano, representando assim e ao contrário do potencial mínimo, um estado hídrico global da planta. Pode apresentar algumas diferenças entre potenciais relativos às folhas localizadas na base ou no topo do pêncano (na ordem 0-0,050 MPa), mas reduzindo de uma maneira geral a variabilidade devida a diferentes exposições e localizações das folhas. Apresenta como vantagem relativamente ao potencial de base, o facto de permitir melhores resultados em casos de terrenos heterogêneos (Magalhães, 2008).

2.3.2. Cálculo da evapotranspiração

Para o cálculo da evapotranspiração da vinha recorre-se a métodos baseados em correlações empíricas entre factores. Os métodos mais comumente referidos, são o método de Blaney-Criddle com influência da temperatura média mensal e percentagem de horas diárias de iluminação; o método da Tina de Class A, onde se calcula a evaporação de uma tina circular assente no solo e se acrescentam valores de coeficientes (k_p e k_c).

No entanto, o método mais comum é o método de Penman-Monteith que envolve cálculos de balanços energéticos entre superfície de evaporação e atmosfera. Determina-se o valor da evapotranspiração de referência (ET_0) com base em valores diários de temperatura, velocidade do vento, humidade relativa e radiação solar (FAO, 1998; Ferreira *et al.*, 2012; Magalhães, 2008). É o método de referência na FAO (*Food and Agriculture Organization*) e uma sua modificação é adoptada pela *American Society of Civil Engineers* (FAO, 1998).

Ainda há a referir, o método de Hargreaves-Samani, aliás o método adoptado nos nossos ultteriores cálculos, na medida em que a estação meteorológica presente na Aveleda não fornece todos os valores necessários à utilização da preferida Penman-Monteith (Rziei e Pereira, 2013; Todorovic *et al.*, 2013).

Com o método de Hargreaves – Samani apenas se necessita dos valores diários de temperatura do ar máxima e mínima e em cálculos-teste foi possível inferir que as diferenças entre Penman-Monteith e Hargreaves-Samani para o perfil climatérico do ano estudado, não foram significativas.

2.4. MODELOS DE REGA DEFICITÁRIA

A decisão de regar ou não regar está dependente do estabelecimento de objectivos produtivos e de qualidade, além das considerações a ter, da casta, do porta-enxerto, solo, clima e *terroir*.

Sendo a evapotranspiração (ET_c) o resultado da contribuição da evaporação do solo e das folhas assim como da transpiração das folhas, este valor que assim, depende de um valor de referência (ET_0) e de um coeficiente cultural (K_c), é determinante para aferir do momento e dotação de rega a ser estabelecido. De uma maneira geral, considera-se que haja necessidade de rega, quando 30-50% da água no solo tiver sido depletada pela evapotranspiração da vinha, que será dependente do

desenvolvimento da canóia, do conteúdo de água disponível no solo, da profundidade das raízes e da textura do solo (Magalhães, 2008).

As necessidades em água por parte da videira são diferentes ao longo do ciclo vegetativo e dependentes das condições climáticas que determinam a demanda atmosférica (radiação, temperatura, humidade, vento) segundo a superfície foliar e os níveis de água no solo (Ruiz, 2001).

Um princípio de gestão de rega implicará assim como objectivo principal, uma regular alimentação hídrica com estabelecimento de uma carência progressiva até à vindima, isto para vinhos de qualidade, onde se pretende como objectivo último, a regularização dos níveis de qualidade (Ojeda, 2001).

Verifica-se na Figura 6, que no caso de obtenção de uvas para vinho, as condições de stress hídrico moderado permitem o valor mais elevado de fotoassimilados efectivamente disponíveis para as uvas (Carbonneau, 1998, 2001; Carbonneau *et al.*, 1997; Deloire *et al.*, 2003; Ojeda, 2001). Assim, é favorecida a acumulação de açúcares e de compostos fenólicos, sem afectar grandemente a capacidade fotossintética (Ojeda, 2001).

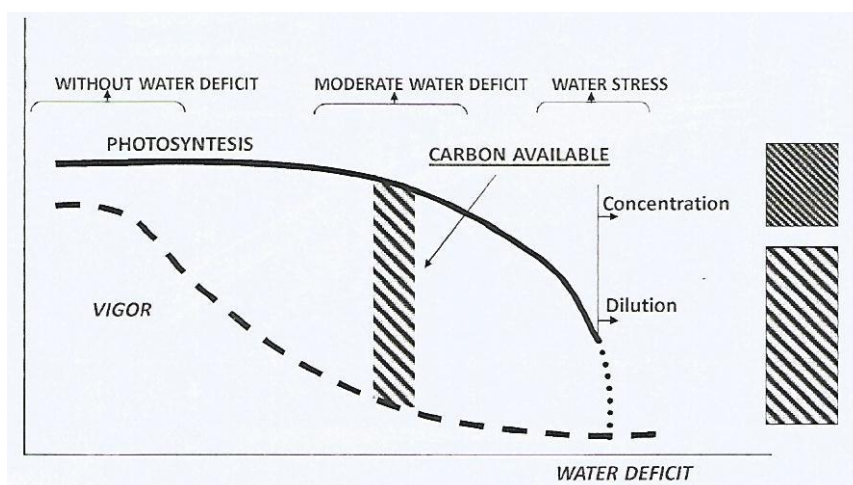


Figura 6: Fotossíntese, vigor, fotoassimilados disponíveis e distribuição de matéria seca nos bagos, de acordo com o nível de déficit hídrico (Carbonneau, *et al.*, 1997; Carbonneau, 1998).

Preconiza-se ainda, para vinhos de qualidade, que se estabeleça uma carência hídrica progressiva desde a floração até à maturação (vindima), envolvendo valores de potencial hídrico de base mais negativos do que relativamente a vinhas jovens e vinho de mesa (Figura 7) (Carbonneau, 1998; Ojeda, 2001).

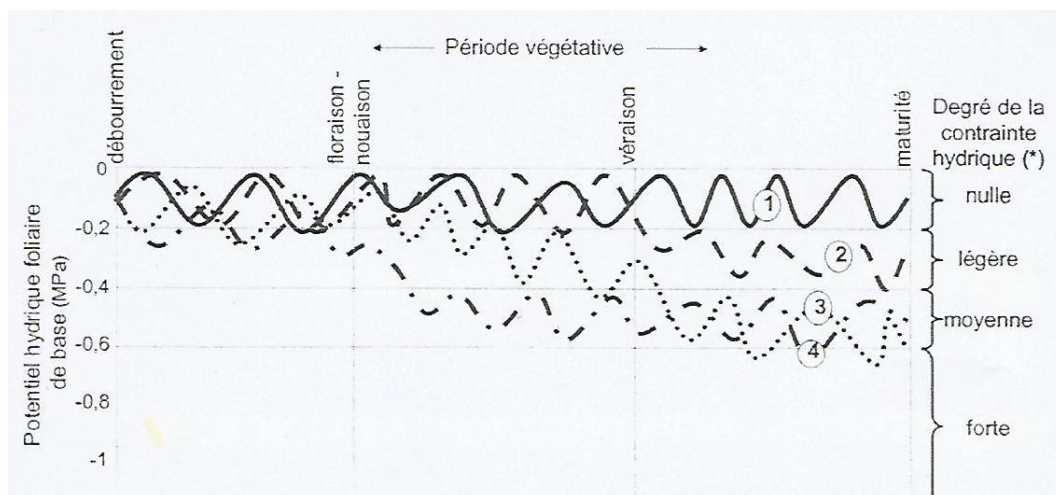


Figura 7: Estratégias de rega em função do período vegetativo e dos objectivos produtivos. 1-vinhas jovens; 2-vinho de mesa; 3 e 4- vinhos de qualidade (Carbonneau, 1998; Ojeda, 2001).

Descreve-se agora sucintamente, as principais fases de rega e as implicações do stress hídrico na videira nesses momentos.

Do abrolhamento à floração, a rega que se faça será importante em termos de prevenção de acumulação de gelo na videira, assim como de restaurar a humidade no reservatório solo (Ruiz, 2001). No entanto, em Portugal essa rega não faz sentido, na medida em que as chuvas de Inverno e Primavera serão suficientes para dotar o solo de uma boa reserva hídrica.

Da floração ao pintor, corresponde a uma fase de maior consumo de água e a adopção de um stress hídrico moderado, produz uma paragem no crescimento dos pâmpanos e a diminuição do tamanho do bago com aumento da razão película-polpa, o que é particularmente vantajoso nas castas tintas e eventualmente no perfil aromático das castas brancas (Carbonneau, 2001; Ruiz, 2001).

Do pintor à vindima, um stress hídrico pode afectar o vigor da videira, diminuindo-o, o que é uma mais-valia, pois elimina-se um factor de concorrência para os fotoassimilados, ficando estes mais disponíveis para os bagos (visto que os bagos são fracos consumidores de fotoassimilados em comparação com os pâmpanos em crescimento) não descurando no entanto as necessidades mínimas de água, contribuindo para uma canópia equilibrada, de modo a não comprometer a fotossíntese (Huglin e Schneider 1998; Hunter e Myburgh, 2001; Ruiz, 2001).

No pós-vindima, o stress hídrico diminui o crescimento e assim promove-se a maturação do lenho (Carbonneau, 2001; Ruiz 2001).

O princípio de uma rega deficitária é o fornecimento de menor quantidade de água do potencial total requerido pela vinha, com o objectivo de equilibrar as estruturas vegetativas e reprodutivas de modo a otimizar rendimento e qualidade (Prichard, 2004). Não só a quantidade de água fornecida mas também o momento em que esta é fornecida, é revestido de fulcral importância na consideração das vantagens de uma rega programada. Essas vantagens são uma redução de custos energéticos e consumos de água; um controlo do excesso de vigor; controlo de doenças; aumentos de qualidade; diminuição de riscos ambientais e diminuição de perdas de fertilizantes (Prichard, 2004). Segundo o mesmo autor, em termos de estratégias adoptadas, podem-se considerar a indução de um stresse precoce; a redução constante de volumes e um término antes da vindima (Prichard, 2004).

Em termos de modalidades de gestão de rega, há a considerar de uma maneira geral a *Deficit Irrigation* (DI) ou rega deficitária, a *Sustained Deficit Irrigation* (SDI) ou rega de déficit continuado, a *Regulated Deficit Irrigation* (RDI) ou rega deficitária controlada e a *Partial Rootzone Drying* (PRD) ou rega alternada de parte das raízes, envolvendo sempre valores de água fornecidos inferiores às necessidades requeridas em determinados períodos estratégicos do ciclo vegetativo (Dry *et al.*, 2000; Oliveira, 2013).

Na DI, há um fornecimento de água inferior à demanda evapotranspirativa da videira (Feres e Soriano, 2007). Trata-se de uma técnica clássica, que não requer controlo técnico específico (Chaves *et al.*, 2010).

Na SDI há a considerar uma irrigação menor que as reais necessidades de água pela videira durante toda a época de crescimento (Dry *et al.*, 2001). Ensaio realizados com a casta Shiraz e Cabernet Sauvignon (três modalidades de deficit em três épocas de vindima) permitiram concluir de um aumento dos parâmetros de coloração dos vinhos obtidos (densidade de cor, antocianinas totais e pigmentos poliméricos) para a modalidade que fornecia menor volume de irrigação (Chalmers *et al.*, 2010).

Os primórdios da RDI surgem de investigações com pomares de pessegueiros em 1981 pela equipa de Chalmers (Chalmers *et al.*, 1981), surgindo mais tarde os estudos com a vinha (Bravdo e Naor 1996). A RDI consiste na aplicação de um stress hídrico de curta duração, desde o vingamento até ao pintor, para controlo do tamanho do bago e do crescimento vegetativo. Ocasionalmente poder-se-á aplicar um efeito semelhante após o pintor, de modo a favorecer a acumulação de antocianinas (Dry e Loveys, 98; Dry e Loveys, 99; Dry *et al.*, 2001). Esta metodologia contempla não só uma redução da quantidade de água aplicada mas também pode contemplar uma

suspensão total de rega (Oliveira *et al.*, 2013). Assim, é mantido o estado hídrico da videira em déficit dentro de limites pré-definidos. O objectivo é equilibrar as componentes vegetativas e reprodutivas de modo a otimizar o número de frutos, o seu tamanho e a sua qualidade, quer por influenciar a divisão celular do bago quer por influenciar o seu crescimento (Chaves *et al.*, 2010; McCarthy *et al.*, 2002).

A aplicação de uma rega deficitária após o vingamento poderá não produzir os efeitos desejados devido às seguintes razões:

- solos com capacidade muito elevada de retenção de água;
- videiras com sistemas radiculares extensos; inadequada monitorização do conteúdo de água no solo;
- precipitação e/ou temperaturas baixas que não permitam demandas evaporativas elevadas (Dry *et al.*, 2001).

Aqui, o tamanho do bago pode ser significativamente diminuído (Stoll *et al.*, 2000).

Em PRD, a água é aplicada alternadamente a metade do sistema radicular (apenas exequível pela existência de duas linhas de tubagem gota a gota, de ambos os lados da videira), permitindo que a metade exposta à desidratação seja responsável pelo gerar de uma comunicação de natureza química (nomeadamente de ácido abscísico, ABA, que é responsável pelo fecho dos estomas e pela redução do crescimento dos pânpanos) e que a parte regada garanta as condições hídricas necessárias ao funcionamento dos sistemas bioquímicos da videira (Dry e Loveys 1998, 1999; Dry *et al.*, 2000, 2001; Du Toit *et al.*, 2003; Soar *et al.*, 2006; Souza *et al.*, 2009; Stoll *et al.*, 2000).

Como se trata de um efeito transitório e de modo a não dessecar um lado das raízes, há necessidade de alternar entre os dois lados das raízes (molhado/seco) de modo a maximizar as respostas bioquímicas, nomeadamente de produção de ABA, garantindo um contínuo de sinal gerado, assim como manter as raízes em bom estado físico (a parte regada alimenta a parte não regada das raízes) (Dry *et al.*, 2001; Loveys 1984). Portanto, combina-se assim uma estratégia que consegue separadamente garantir respostas bioquímicas e físicas, ao gerar um déficit hídrico no solo (ao contrário da RDI que gera um déficit hídrico na planta). A frequência de alternância depende das características dos solo e das condições climáticas, embora se possa considerar de um modo geral, mudanças do lado de irrigação de 7 a 15 dias (Dry *et al.*, 2001).

Com a gestão da abertura estomática e portanto da transpiração e com reduções de crescimento, verifica-se que esta técnica traz um aumento da eficiência do uso de água podendo também impactar no crescimento das raízes (desenvolvimento para solos mais profundos e formação de raízes secundárias) assim como no aumento da condutância hidráulica (Chaves *et al.*, 2010; Dry *et al.*, 2000).

O primeiro trabalho publicado sobre a metodologia PRD remonta ao ano de 1996 (Dry *et al.*, 1996). Rapidamente se tornou numa metodologia usada por várias empresas vitícolas, principalmente no designado Novo Mundo Vitícola, em Países como a Austrália, Nova-Zelândia, África do Sul, Argentina e ainda em Países como USA (Califórnia), Israel e Espanha (Dry *et al.*, 2000, 2001).

A PRD aplicada com sucesso não provoca uma diminuição significativa do rendimento e provoca uma redução da densidade da canópi, com impacto positivo na incidência de radiação nos frutos e com melhoria das condições microclimáticas e assim necessariamente das condições fitossanitárias (Dry *et al.*, 2001). No que concerne aos aspectos qualitativos, de referir que há de uma maneira geral, melhoria do total de sólidos solúveis, da acidez total assim como um aumento da concentração de antocianinas e outros compostos fenólicos. No entanto, no que às antocianinas diz respeito, um trabalho desenvolvido dentro do grupo de Dry, levou ao aventar da hipótese que a concentração destes compostos não tivesse relação directa com o tamanho do bago (relação película/polpa), mas sim com um aumento na síntese de antocianinas a nível das películas (Shiraz e Cabernet Sauvignon) (Bindon *et al.*, 2008). Ainda, na casta Cabernet Sauvignon, verificou-se um aumento de cor dos vinhos em cerca de 10%, muito devido a uma alteração na estrutura dos pigmentos responsáveis pela coloração (Bindon *et al.*, 2008).

Com PRD há um aumento da eficiência do uso de água, com diminuição do vigor e com redução não muito significativa do tamanho de bago e rendimento com ganhos de qualidade (Stoll *et al.*, 2000).

Importa ainda ressaltar que à medida que mais estudos são realizados, com mais castas e com solos distintos, mais diversidade de resultados surgem e que muitas vezes parecem à primeira vista contraditórios, não o sendo no entanto necessariamente. Há que considerar que para a PRD ter sucesso, tem de se garantir uma série de premissas quanto ao local e ao modo da sua implementação, de modo a esta ter o máximo de sucesso possível (Dry *et al.*, 2001). Nomeadamente, a frequência de alternância de molhado/seco nas raízes tem de ser adaptado ao tipo de solo e às técnicas de rega assim como o tempo prévio em que a vinha foi regada, por

exemplo, por inundação e aí deverão ser contemplados tempos de adaptação, havendo casos em que frequências de alternância de 2 dias tenham de ser considerados (Dry e Loveys 98,99; Dry *et al.*, 2001; Pellegrino *et al.*, 2006). A rega PRD necessita de um par de sistemas de raízes fisicamente discretos e há necessidade de garantir que haja adaptação das raízes ao novo padrão de humedecimento das mesmas (Dry *et al.*, 2001). O tipo e características do solo pode também ser uma fonte de problemas a considerar, nomeadamente se se tratar de um solo pouco poroso ou pouco estruturado (argilas). Sabendo que há variabilidade entre blocos, entre linhas e mesmo de videira a videira, a incerteza de resultados produtivos e qualitativos pode ser minorado pela observância de certas variáveis e sua optimização de modo a garantir que uma implementação de rega seja o mais eficiente possível (Buss, 2004).

2.5. DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA VIDEIRA

2.5.1. Relações hídricas e stress hídrico

A água desempenha funções estruturais na videira assim como se constitui como um elemento fulcral na participação em processos de transporte, transpiração e metabolismo. O sistema solo-videira-atmosfera apresenta vários pontos de resistência ao transporte de água, sendo os pontos mais determinantes, a interface solo / raiz e a nível dos estomas (Magalhães, 2008).

O movimento da água na planta é um movimento ascendente devido à diminuição do potencial de água nas folhas (resultante da transpiração) gerando tensões hidrostáticas no xilema. A taxa de transpiração está dependente de factores ambientais (temperatura, humidade, velocidade do vento e radiação) assim como de factores culturais (condutância estomática, área da folha, estrutura do coberto) (Castro, 2010).

Em viticultura as relações hídricas são de suprema importância, nomeadamente afectando a quantidade e qualidade de uvas obtidas. Factores como as condições climáticas locais, as características do solo e sua fertilização, o material vegetal (casta/porta-enxerto), as reservas acumuladas nas partes perenes, o sistema de condução da vinha, a densidade de plantação, as condições de desenvolvimento das inflorescências no ano anterior, o manejo do coberto vegetal e a irrigação, vão ser determinantes na caracterização específica do sistema solo-planta-atmosfera e tem

impacto na produtividade anual e na composição quantitativa e qualitativa da uva (Castro, 2010; Magalhães, 2008).

De todos estes factores, a irrigação está muito particularmente dependente das características do solo (tipo de solo e declive) assim como das intervenções na vinha. A água livre que o solo vai disponibilizar à raiz está muito dependente da disponibilidade de água no solo mas também, e principalmente das características deste e intervenções humanas neste. Factores como a temperatura e espaços de ar no solo (fenómenos de transferência), especificidades metabólicas radiculares (o coberto vegetal e sistema radicular estão sincronizados para responderem optimamente à utilização de foto-assimilados e demais nutrientes), mobilizações, enrelvamentos, aplicação de herbicidas, níveis de fertilização, a maior ou menor mecanização e consequente uso de maquinaria pesada, vão influenciar o estado de compactação do solo com impacto directo na capacidade de re-humedecimento do mesmo (Egito, 2011; Pacheco, 1989).

O stress hídrico surge, então, como resultado da perda excessiva de água ou deficiente absorção da mesma. A carência de água traduz-se na videira em alterações anatómicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, dependendo o impacto no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (e em última instância no carbono efectivamente assimilado) do grau e duração do stress hídrico assim como da fase do ciclo em que ocorre (Magalhães, 2008). A videira recorre a uma série de estratégias, activando-as consoante a intensidade do stress hídrico a que é sujeita, a sua adaptação ecológica ao local onde está implantada e a própria casta e porta-enxerto (Schultz, 2000).

A videira apresenta elevada capacidade de plasticidade morfológica e anatómica (através do aprofundamento das raízes e diâmetro dos vasos xilémicos) assim como fisiológica (regulação estomática) ao stress hídrico. No entanto, a recorrência de anos cada vez mais secos, mais cedo no ciclo vegetativo, com alterações nas épocas típicas de precipitação, faz com que as questões hídricas sejam encaradas como um factor cada vez mais crítico na viticultura mediterrânica (Magalhães, 2008).

No caso do Novo Mundo Vitícola, onde os Verões são extremamente secos e quentes há ainda a considerar as pressões do mercado em termos de exigência de produção e qualidade, daí que países como Argentina, Austrália, África do Sul e Nova-Zelândia tenham sido e ainda sejam os precursores da implementação de gestão de rega associados a novas formas de condução das vinhas (Magalhães, 2008).

2.5.2. Ecofisiologia e potencial hídrico foliar

O estado de desenvolvimento da videira ao longo do seu ciclo vegetativo é talvez o principal elemento de orientação para perceber as necessidades, déficits hídricos e momento de rega. A videira apresenta ao longo do ano, um desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (estando este último dependente do ano anterior) que se pode caracterizar por certos momentos chave (Figura 8) como o abrolhamento, floração, pintor e vindima, baseados na notação de Baggiolini (Figura 9).

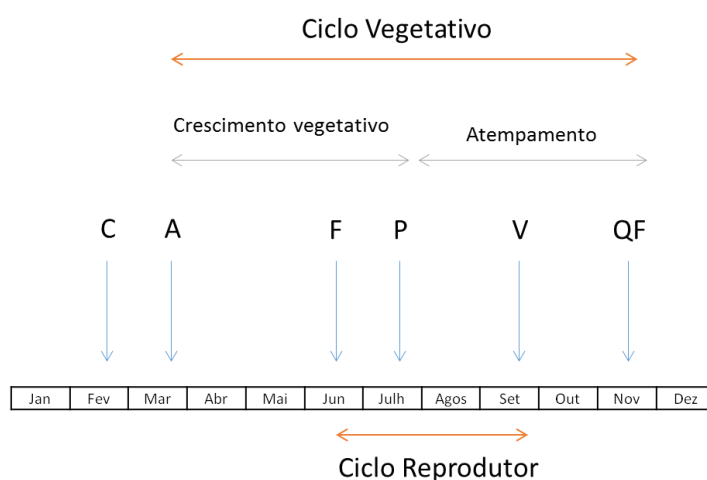


Figura 8: Ciclos vegetativo e reprodutor da videira em climas temperados. C: choro; A: abrolhamento; F: floração; P: pintor; V: vindima; QF: queda da folha.

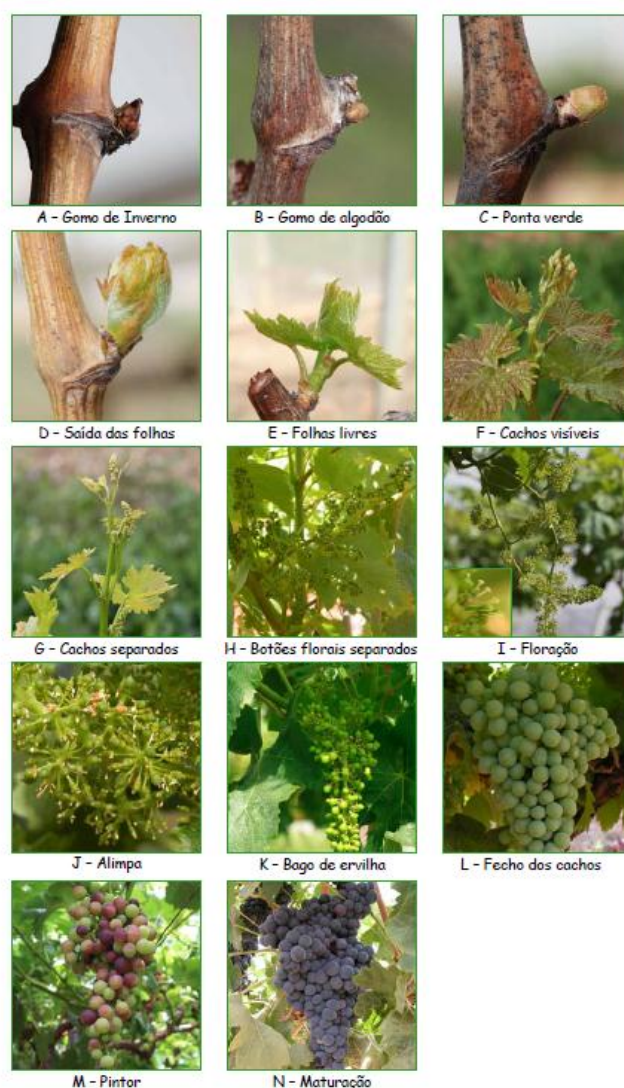


Figura 9: Estados fenológicos de Baggiolini (MAMAOT, 2011).

O abrolhamento dá-se quando se observam os primórdios vegetativos, que por convenção se considera 50% dos gomos no estado B ou C de Baggiolini (consoante autor) e que normalmente corresponde em Portugal a 15 Março (± 4 dias), isto é, quando foi atingido o zero vegetativo (10°C). Haverá abrolhamentos mais precoces ou tardios consoante a casta, temperatura, latitude, vigor, época de poda e também a intensidade de frio que ocorreu durante o Inverno. O crescimento dá-se até ao pintor, sendo a folha capaz de exportar fotoassimilados, apenas quando atinge cerca de 40% do seu tamanho final. Chegando ao pintor, é desejável que haja paragem de crescimento na viticultura de qualidade. Do pintor à vindima dá-se a maturação dos bagos e ainda do pintor à queda da folha dá-se o atempamento, que resulta principalmente da acumulação de amido, começando sempre pela base dos

pâmpanos e progredindo em direcção ao outro extremo, perdendo o pâmpano cerca de 40-50% de água neste processo e passando de cor verde a acastanhado.

Assim, os principais estados fenológicos e a duração do período entre dois estados fenológicos varia com o clima e com o ritmo biológico anual (que se pensa possa ter uma regulação interna na dependência do fitocromo) (Carbonneau *et al.*, 2007). Portanto, apesar de alguma variabilidade, parece haver uma tendência para a imutabilidade, no sentido em que a duração das fases de desenvolvimento são menos variáveis do que os principais factores climáticos, daí que para a Região de Bordéus se verifique relações de dias bem determinadas, entre os principais momentos fenológicos.

Efectivamente o início do desenvolvimento vegetativo em Portugal, dá-se numa altura em que normalmente não há limitação hídrica, visto que as Primaveras costumam ser amenas e com valores significativos de precipitação. No entanto, com o desenvolvimento vegetativo e com o progredir das estações, a disponibilidade hídrica dos solos fica diminuída, afectando o estado hídrico da videira (Calò *et al.*, 2002).

Na região mediterrânica de influência atlântica, em particular Portugal e a Região Demarcada dos Vinhos Verdes, a vinha encontra períodos estivais de grande secura e elevadas temperaturas, daí que o sistema radicular tenha de assegurar as necessidades hídricas. Também assim se justificam os principais porta-enxertos usados, nomeadamente *Berlandieiri x Rupestris*, devido à sua elevada capacidade de aprofundamento no solo. São sistemas menos fasciculados com vasos de maior calibre, tendo assim capacidade de explorar o solo circundante e potencialmente extrair água a profundidades e distâncias mais consideráveis (Magalhães, 2008).

O crescimento radicular processa-se em ondas de crescimento, havendo a registar um primeiro crescimento quando é atingido o zero vegetativo e um segundo crescimento quando caem as primeiras chuvas no final de Verão / início do Outono. Assim o potencial hidrostático será a principal força motriz no início da Primavera e à medida que há desenvolvimento da componente vegetativa, nomeadamente da área foliar, a transpiração passará a ser essa força principal. De noite e porque a transpiração se deixa de verificar, os estomas fecham, o potencial osmótico a nível das raízes torna-se assim negativo, processando-se a absorção de água a partir do solo, garantindo a hidratação da planta até valores de potencial hídrico de base (Ψ_0), situação em que se assume um quase perfeito equilíbrio entre a água presente no solo e na videira (Magalhães, 2008). Este Ψ_0 , medido antes do nascer do sol, constitui-se assim como um indicador do estado hídrico da videira quando o fluxo de água é nulo,

fornecendo também informação sobre o potencial hídrico do solo devido ao equilíbrio planta/solo (ausência de transpiração) (Choné *et al.*, 2001; Lopes *et al.*, 1998).

Ao longo do dia, com aumento da temperatura e radiação, a transpiração volta a registrar-se, traduzindo-se essa situação em potenciais hídricos foliares mais negativos até ao valor mais negativo, que se regista usualmente ao meio dia solar, o designado potencial hídrico foliar mínimo (Ψ_m) (Carbonneau, 2001; Magalhães, 2008).

Assim, e de uma maneira geral, ao longo do dia, o potencial hídrico foliar sofre alterações em função da água no solo e da transpiração (temperatura, radiação, vento, humidade relativa) (Magalhães, 2008). Ao longo do ciclo vegetativo, como a transpiração e absorção variarão em função das características do solo, nomeadamente o seu estado hídrico e das condições climáticas, também os valores do potencial hídrico foliar variarão em consonância (Magalhães, 2008).

Os valores de potencial expressam as tensões nos vasos xilémicos e são tanto mais negativos quanto maior o déficit hídrico da videira. Para o potencial hídrico foliar contribuem diferentes componentes, nomeadamente, o potencial osmótico (dependente da concentração em moléculas orgânicas e iões potássio), o potencial mátrico (resultante de forças desenvolvidas à superfície de proteínas e macromoléculas) e o potencial hidrostático (reação das paredes celulares às diferenças de volume de água) (Magalhães, 2008). Tendo o potencial mátrico um reduzido significado a nível intracelular, o potencial hídrico foliar resultará assim da diferença entre o potencial osmótico e o potencial hidrostático (Magalhães, 2008).

De uma maneira geral os valores de potencial hídrico foliar vão-se tornando mais negativos ao longo do ciclo vegetativo, na medida em que as disponibilidades hídricas se tornam mais condicionantes ao restabelecimento da re-hidratação nocturna. Essas variações estarão dependentes das castas (diferenças genéticas com diferentes comportamentos) assim como de algumas práticas culturais como o sistema de condução e a realização de rega (Magalhães, 2008).

Existem diferentes contribuições para a referenciação dos valores de potencial, nomeadamente duas propostas principais: uma segundo Schaffer e Andersen, em que os potenciais de base da videira apresentam os valores mais positivos, correspondendo a valores entre -0,001 e -0,1 MPa, reflectindo um estado de boa hidratação até valores mais negativos entre -0,5 e -1 MPa, verificados em regiões secas e quentes e com baixa disponibilidade em água (Magalhães, 2008). Outra proposta, segundo Carbonneau, considera que valores de potencial hídrico foliar de base entre 0 e -0,1 MPa representam ausência de stress hídrico; valores entre -0,2 e -

0,5 MPa representam um stress hídrico moderado e valores entre -0,5 e -1 MPa representam um stress hídrico severo (Carbonneau, 2001).

O potencial hídrico é também relacionável com outros valores, nomeadamente com a fotossíntese, a condutância estomática (gs), a taxa de transpiração (E), a taxa de assimilação líquida de CO₂ (A). O potencial hídrico da planta quando assume valores mais negativos, reflectir-se-á em níveis menores de condutância estomática. Assim, menos CO₂ entrará na folha, necessariamente diminuindo a actividade fotossintética (Magalhães, 2008), gerindo assim, a folha melhor, a água dentro das suas próprias células. Há valores críticos para a fixação de CO₂ pelas células, que estão reportados entre -1,6 e -1,8 MPa, tendo sido no entanto verificado um valor de -1,9 para a casta Castelão (Magalhães, 2008).

2.5.3. Efeito da disponibilidade hídrica no desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade

O crescimento da videira está em relação directa com o seu estado hídrico. Os pâmpanos apresentam uma fase de crescimento desde o abrolhamento até à altura perto da floração, de modo a garantir que esta se dê assim como a fecundação e o vingamento dos bagos. Do vingamento ao pintor verifica-se uma nova fase de crescimento dos pâmpanos, desta vez com um carácter exponencial. Do pintor até vindima regista-se a fase de crescimento zero dos pâmpanos (Magalhães, 2008).

No âmbito de uma gestão de rega com objectivos de indução de déficit hídrico em determinado ponto do ciclo vegetativo, uma redução da disponibilidade hídrica entre o abrolhamento e a floração pode ser usado como uma estratégia de redução do crescimento dos pâmpanos, e assim controlar o vigor. Este efeito não é possível de ser experimentado na Região dos Vinhos Verdes na medida em que os Invernos e Primaveras são sempre bastante ricos em precipitação. Embora as disponibilidades hídricas sejam importantes nas épocas de crescimento, é aconselhável garantir uma supressão contínua dessas disponibilidades até ao pintor, altura em que é desejável um abrandamento do crescimento dos pâmpanos de modo a garantir que haja fenómenos de concentração de açúcares e outros compostos a nível do bago (Magalhães, 2008).

Assim sendo e visto que uma rega deficitária se poderá constituir como uma estratégia de controlo de vigor, considera-se que o potencial de base deva ser mantido em valores o mais positivos possível desde abrolhamento ao vingamento, de modo a

garantir que o coberto vegetal fique bem estabelecido. A partir desse momento, os valores de potencial de base deverão ser aqueles que garantam um abrandamento do crescimento dos pânpanos. Naturalmente, isto terá como efeito uma redução no tamanho e peso dos bagos, tanto mais intenso quanto maior o stress hídrico permitido (Ojeda et al., 2002).

Entre abrolhamento e vingamento, o stress hídrico deve ser evitado na medida em que estão em causa fenómenos importantes a ocorrerem como a polinização e o vingamento e qualquer disrupção nesses processos pode afectar rendimento e qualidade finais (Ferreyra et al., 2002).

A consideração da indução de um stress hídrico entre a alimpa e o pintor é ponderada tendo em conta resultados antagónicos obtidos. Nesta fase é de considerar, aquando de um stress hídrico, uma diminuição do crescimento vegetativo assim como do tamanho do bago (Ferreyra et al., 2002). Para a origem desta diminuição do tamanho do bago é aventada a alterações da divisão celular do pericarpo ou apenas uma diminuição do volume do bago (Coombe e McCarthy, 2000; Ojeda, 2001). Esta falta de consequência devidamente esclarecida, faz com que haja alguma controvérsia na sua imposição. Há dados que confirmam que um controlo do vigor e do tamanho do bago nesta fase leva a um potencial decréscimo produtivo, compensado no entanto, por um aumento do teor em sólidos solúveis e potencialmente com ganhos de qualidade (Coombe e McCarthy, 2000). A questão do aumento de açúcares terá a ver com um aumento fotossintético ou com fenómenos de concentração devido ao aumento do rácio película/polpa (Santesteban e Royo, 2006).

Há ainda referências a um aumento da acidez e dos compostos fenólicos, embora também com registos de maior probabilidade de escaldão nos cachos (Gurovich e Vergara, 2005; Spayd et al., 2002). Os polifenóis são aliás, os compostos mais afectados por uma estratégia de gestão de rega (Pilar et al., 2007).

A partir do pintor é a altura mais consensual para introduzir stress hídrico. Ocorre uma redução do tamanho do bago mas não tão significativa como se se tratasse de um stress introduzido noutra fase do ciclo, sendo essa diminuição do bago obtida por desidratação do mesmo com concentração de sólidos solúveis (Coombe e McCarthy, 2000; Ferreyra et al., 2002). As concentrações de compostos fenólicos e antocianas podem aumentar consideravelmente durante o stress hídrico na fase a partir do pintor (Ojeda et al., 2002). No caso dos compostos fenólicos, a sua concentração aumenta devido a fenómenos de desidratação do bago; no caso das antocianas, a sua

concentração aumenta por uma maior síntese das mesmas e um rácio mais favorável de película/polpa (Ojeda *et al.*, 2002).

Também de referir um aumento da acidez e uma sensibilidade particular dos componentes do aroma ao stress hídrico, visto que a sua acumulação ocorre num período mais avançado da maturação (Egito, 2011).

Numa resposta a curto prazo, o déficit de água provoca o fecho dos estomas (que estão localizados primordialmente na parte inferior da folha) e assim, reduzem a actividade fotossintética (Castro, 2010). Nesta situação pensa-se que sinais químicos das raízes e a acção do ácido abscísico (ABA) no xilema tenham primordial importância, havendo alterações na turgescência. A nível de poupança de água, a planta tem assim uma estratégia bastante eficaz mas que poderá ter uma actuação desfavorável sobre determinados processos fisiológicos, nomeadamente devido a uma menor absorção de CO₂ e aumento de temperatura da folha (Magalhães, 2008; Speirs *et al.*, 2013).

Numa resposta a longo prazo ao stress hídrico, não haverá alterações na turgescência, haverá, no entanto um aumento da área de expansão das raízes de modo a tentar obter fontes de água, assim como uma redução da transpiração por inibição do crescimento dos pânpanos (Magalhães, 2008).

Assim, a videira dispõe de mecanismos de natureza mais anatómica, mais morfológica ou mais fisiológica para lidar com os déficits hídricos, como sejam:

- disposição para-heliotrópica do limbo (diminuir a incidência de raios solares);
- redução da superfície foliar (diminuição do crescimento; diminuição da transpiração);
- diminuição da condutância estomática (importação de ABA das raízes para as folhas; diminuição da transpiração);
- aumento da espessura da cutícula e presença de tricomas com diminuição da transpiração cuticular;
- diminuição dos calibres dos vasos xilémicos e aumento do seu número (maior condutividade hidráulica);
- melhoria na absorção de K⁺ por abaixamento do potencial osmótico (Magalhães, 2008).

Durante o ciclo vegetativo, o desenvolvimento radicular está dependente de diferentes factores. Numa fase inicial está mais dependente da temperatura e

concentração de oxigénio, passando por uma fase em que está dependente do desenvolvimento relativo do coberto vegetal até estar dependente mais determinadamente da disponibilidade hídrica na fase de maturação (Pacheco, 1989). Se por exemplo, sucede uma situação de stress hídrico, as raízes tendencialmente desenvolver-se-ão no sentido de explorar solos mais profundos e consequentemente novas fontes de água (Pacheco, 1989), mas também o coberto vegetal diminui o seu tamanho, implicando uma diminuição da taxa de transpiração (Pacheco, 1989). Assim se percebe a relação dinâmica entre estes dois sistemas da videira.

Relativamente à área foliar, verifica-se que de uma maneira geral, as videiras regadas e em conforto hídrico apresentam valores de área foliar superiores a videiras não regadas ou sujeitas a regimes de gestão de rega (Chaves, 2007), nomeadamente ao pintor. A maior área foliar total das videiras regadas dever-se-á primordialmente à componente da área foliar das netas (Chaves, 2007).

Ainda, de uma maneira geral, verifica-se que o desenvolvimento vegetativo relativamente ao desenvolvimento dos bagos é mais sensível à instalação de um stress hídrico (Dry, 2005; Prichard, 2003).

São vários os trabalhos que mencionam correlações entre diferentes parâmetros de estudo do estado hídrico de uma videira, nomeadamente as relações lineares entre:

- potencial hídrico foliar e actividade fotossintética (Queiroz, 2002);
- potencial hídrico do pânpano e crescimento de pânpano (Castro, 2010; Lopes, 2008; Magalhães, 2008).

A gestão da rega durante o crescimento da videira é fulcral no controlo do vigor, do tamanho do bago e da qualidade das uvas (Santos *et al.*, 2007). Um excesso de água leva a um desenvolvimento vegetativo exagerado com cobertos mais densos e menor exposição solar dos frutos com impacto no microclima e favorecimento de doenças assim como na qualidade das uvas (Santos *et al.*, 2005, 2007; Souza *et al.*, 2005). O crescimento de netas é favorecido, aumentando a concorrência para a fotossíntese com prejuízo em termos de doenças e mesmo de atraso de maturação.

Se por outro lado, se verificar um déficit hídrico, há o fecho dos estomas com limitações nas perdas de água. Se a limitação de água for prolongada e intensa, o fecho dos estomas pode prologar-se demasiado, com implicações na fotossíntese, nomeadamente a sua diminuição, produzindo-se assim menos açúcar (qualidade e rendimento).

Uma gestão hídrica pressupõe precisamente um equilíbrio de modo a garantir uma actividade fisiológica adequada sem excesso de vigor, com um coberto vegetal mais equilibrado. As estratégias de rega, conseguem assim balancear o crescimento vegetativo ao mesmo tempo que aumentam a qualidade das uvas sem impactar nos rendimentos obtidos (Santos *et al.*, 2007).

Importa conhecer alguns estudos feitos com diferentes castas, em diferentes regiões e com regimes de rega distintos, de modo a se poder percepção em termos práticos todas as implicações teóricas desenvolvidas previamente.

Santos *et al.* (2007) e Souza *et al.* (2005), desenvolveram um estudo em Pegões com a casta Moscatel (porta-enxerto 1103-P), usando quatro regimes de rega: rega deficitária (50%), PRD (50%), não regada e rega a 100% da evapotranspiração. Com o PRD, registou-se uma diminuição do crescimento, com melhorias a nível do microclima, um aumento da qualidade, pelo aumento dos precursores glicosilados dos fenóis responsáveis pelo aroma da casta sem afectar o rendimento. Foi também estudada em condições semelhantes, a casta Castelão (Chaves *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2005).

Acevedo-Opazo *et al.* (2010) num ensaio entre 2002-2005 no Chile, da casta Cabernet Sauvignon, recorreram à estratégia RDI com diferentes limites de potencial de pânpano a serem observados e concluíram não haver diferenças no que concerne a pH e acidez total mas que no tratamento mais intenso em termos de stress hídrico (recorrendo a potenciais mais negativos para iniciar a rega), o tamanho do bago diminuía, com maior rácio película-polpa assim como do valor dos sólidos solúveis, que aumentava.

Bindon *et al.* (2008), num ensaio na Austrália com a casta Cabernet Sauvignon e com a estratégia PRD (40% de déficit relativamente ao controlo), verificaram que havia diminuição do tamanho do bago, sem alteração na concentração de antocianinas.

Bucchetti *et al.* (2011), realizaram um ensaio de quatro épocas com a casta Merlot e com déficits hídricos impostos desde o amadurecimento à vindima. Os déficits hídricos impostos (valores de potencial de pânpano entre -0,8 e -1,4 MPa relativamente ao controlo entre -0,2 e -0,6 MPa) levaram a uma diminuição do tamanho do bago, com aumento de concentração de antocianinas e de taninos.

Chalmers *et al.* (2010), conduziram um ensaio de três épocas com as castas Cabernet Sauvignon e Shiraz, na Austrália, segundo um esquema de rega deficitária com Cabernet Sauvignon a 70% e 43% relativamente ao controlo de 100% da evapotranspiração e Shiraz com 65% e 34% do controlo. Verificaram um aumento do teor em flavonóides e um aumento da intensidade da cor dos vinhos.

Chavarria *et al.* (2011), avaliaram três tipos de solo distintos, com distintas disponibilidades hídricas e concluíram que, com a casta Cabernet Sauvignon em ensaio realizado em Bento Gonçalves, no Brasil, em solos com mais restrição hídrica, as videiras apresentaram menor crescimento e menor rendimento com aumento de valores de taninos e índice de polifenóis totais.

Oliveira *et al.* (2013), realizaram um ensaio com a casta Cannonau (syn. Grenache) / 1103P, na Sardenha, em 2009. Recorreram a quatro estratégias de rega: uma rega deficitária a 25% e a 50% da evapotranspiração, PRD a 50%, PRD 50% e 100% de irrigação. PRD e rega deficitária a 25% causaram maior fecho estomático. A PRD permitiu a obtenção de bagos de menor peso e menor acidez, com diminuição do conteúdo fenólico. Nas videiras irrigadas a 100%, o peso dos bagos foi maior, maior valor de Brix e maior valor de ácido málico à vindima.

Gachons e colaboradores, trabalharam com a casta Sauvignon Blanc na região de Bordéus, onde concluíram que videiras sujeitas a déficit hídrico deram origem a bagos mais pequenos, com menor conteúdo de açúcar, menor acidez e aumento do aroma potencial através do doseamento dos precursores de cisteína conjugados (Gachons *et al.*, 2005). A importância do doseamento deste conjugados prende-se pelo facto de os aromas na casta Sauvignon Blanc serem predominantemente não voláteis, só libertados aquando do processo fermentativo.

Girona *et al.* (2006), realizaram um estudo com a casta Pinot Noir em sistema de rega deficitário, controlando o potencial hídrico foliar através do indicador do meio dia solar e concluíram quanto a uma superior qualidade do sumo de uva obtido assim como de outros parâmetros qualitativos com a rega deficitária, desde o abrolhamento a meados de Junho.

Intrigliolo e Castel, (2009), realizaram ensaios em Valência com a casta Tempranillo em sistema de rega deficitária e PRD. Não registaram diferenças

significativas a nível fisiológico de qualidade e rendimento, apenas registando para PRD, uma diminuição da condutância estomática e do crescimento vegetativo, aferindo de uma maior eficiência do uso de água.

Jordão *et al.* 1998, trabalharam com a casta Touriga Francesa e compararam duas modalidades de regime hídrico, nomeadamente um sistema de rega gota a gota até final da maturação e até final do pintor. Verificaram que houve um aumento inicial da concentração de antocianinas nas películas mas também um posterior abaixamento nas últimas semanas de maturação em ambos os sistemas de rega. As videiras não sujeitas a rega apresentaram um ligeiro aumento de pigmentos antociânicos. Quanto ao teor de flavonóides, os valores não foram conclusivos.

Lopes *et al.* (2011), estudaram em Portugal (Estremoz, Alentejo) a casta Aragonez (syn. Tinta Roriz) e porta-enxerto 1103-P, em 2005/2006, através de duas práticas de gestão da entre-linha (lavoura ou vegetação residente) associadas a três estratégias de rega, nomeadamente rega deficitária, RDI e PRD. Apesar de não terem registado efeitos muito marcados, chegaram à conclusão que a estratégia RDI (em relação às outras duas) apresentava uma maior redução do crescimento vegetativo, da redução do peso dos bagos assim como de rendimento. Apesar do menor vigor registado para RDI, este não foi acompanhado de alterações significativas no número de camadas de folhas nem nas condições microclimáticas, nomeadamente de luz incidente. As estratégias de gestão da entre-linha não influenciaram as estratégias de rega.

Myburgh, 2005, estudou as castas Sauvignon Blanc e Chenin Blanc na África do Sul e encetou um delineamento experimental onde uma 1ª rega se realizava em Dezembro, uma 2ª rega ao pintor e uma 3ª após o pintor. Não registou diferenças significativas a nível de rendimento e crescimento vegetativo, embora tenha registado um aumento do tamanho dos bagos, de forma irregular, durante os três anos do estudo.

Nadal e Arola, (1995), trabalharam em Espanha com a casta Cabernet Sauvignon, com rega a ser efectuada assim que o potencial de solo baixava de -1480kPa, com regas de 15/15 dias de cerca de 25L/videira, durante os meses de Julho e Agosto. Comparativamente a vinhas não regadas, registaram um aumento do rendimento na ordem dos 20% e o mosto apresentou valores de potássio mais

elevados, de sólidos solúveis, de ácido málico e acidez total. O teor em taninos sofreu uma redução.

De La Hera *et al.* (2007), trabalhando com a casta Monastrell durante 3 anos, delinearam uma experiência onde se comparou uma rega gota a gota convencional com uma PRD. As épocas em que procederam a rega também variaram nesses três anos:

- em 1999 desde fins de Julho a Setembro;
- em 2000 desde meados de Junho a Setembro;
- em 2001 desde meados de Abril a Setembro.

De La Hera *et al.* (2007), realizaram estudos entre 1999 e 2000, os resultados a nível vegetativo, de rendimento e qualidade não foram significativamente diferentes. No ano 2001, no entanto, verificaram um aumento da área foliar, do comprimento dos pânpanos, do rendimento e da eficiência do uso de água de rega. Ainda registaram um aumento do número de bagos e seu peso, sem diferenças significativas nos parâmetros de qualidade.

Roby e Matthews, 2004, fizeram uma exposição a um estado hídrico baixo, a um estado hídrico elevado e a um controlo na casta Cabernet Sauvignon durante o crescimento dos bagos. A exposição a um déficit hídrico provocou um aumento da massa dos bagos.

Ruiz (2001), entre 1984 a 1988, realizou experiências com as castas Tempranillo, Cabernet Sauvignon, Garnacha e Macabeo nas regiões de Rioja, Navarra, Ribera del Duero e Madrid, procedendo a regas gota-a-gota com dotações de rega correspondentes a 50 e 100% do ET_c calculado. As mesmas castas foram estudadas entre 1989 a 1996 em Madrid e Ribera de Duero em termos de efeitos de rega combinados com sistemas de condução. Neste caso foram usados valores fixos de coeficientes de cultura (K_c) de 0,4 e 0,6.

Entre 1997 a 2001 foram usados coeficientes variáveis consoante o estado fenológico em 2 sistemas de condução com 3 regimes diferentes de carga deixada à poda.

Foram estabelecidas as conclusões gerais de um aumento do potencial produtivo e do nível de maturação nas vinhas regadas.

Ribeiro e Andrade, (2011), definiram diferentes estratégias de rega para a casta Tinta Roriz na Região do Douro, entre 2006 e 2008:

0R – testemunha não regada;

2R – 20% ET_c (44,6 e 37,5 L em 2006 e 2007);

4R – 40% ET_c (valores de 2R duplicados).

As regas foram efectuadas após o pintor, duas vezes por semana, sendo o início da rega determinado pelos valores obtidos de potencial hídrico de base e as dotações calculadas com base nos valores de ET₀ obtidos pela equação de Penman-Monteith. Relativamente à modalidade não regada, as modalidades 2R e 4R apresentaram em 2008, um aumento do peso dos bagos e do vigor, com diferença estatística assinalável.

Pacheco *et al.* (2007), realizaram um estudo no Monte das Palmeiras, Beja, com a casta Aragonez. Foram estabelecidos três níveis de stress hídrico correspondentes a três dotações de rega que totalizaram 150mm, 100mm e 50mm, comparadas com a rega preconizada pelo agricultor. O início da rega ocorreu com base na observação de paragem de crescimento da videira, no esgotamento de 50% da reserva utilizável calculada sobre 2m de espessura de solo e ainda com base no potencial hídrico foliar de base, quando este atingiu -0,30 a -0,35 Mpa. Os resultados provisórios apenas apontavam para uma situação em que mais água não se traduzia em mais produção (não houve diferenças significativas entre blocos) mas em mais qualidade (maior volume alcoólico e de ácidos totais, verificando-se no entanto, valores mais baixos de polifenóis).

Silva *et al.* (2014), realizaram um estudo em 2012, com a casta Aragonez, na Herdade do Monte Novo e Figueirinha, em Beja, onde estudaram três estratégias de rega deficitária controlada. Os solos são argilosos, delgados e com pedregosidade, sendo a vinha regada por gota-a-gota. Foram estabelecidos três níveis de stress hídrico correspondentes a três dotações de rega que totalizaram 200mm, 150mm e 100mm. Não foram registados efeitos estatisticamente significativos, no entanto e de um modo geral, foi possível concluir que na modalidade de menor stress hídrico (200 mm), houve um aumento de produção e que na modalidade de maior stress hídrico houve um aumento do valor de antocianinas. Inferiram, assim, que um aumento do nível de stress hídrico contribuiu para um uso mais eficiente de água, sem prejuízo em termos produtivos e de qualidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho experimental foi desenvolvido durante a campanha 2013/2014, na Região Demarcada dos Vinhos Verdes, na Quinta da Aveleda, em Penafiel, com a casta Loureiro (*Vitis vinifera* L.) enxertada em 1103/P.

Foram feitos estudos hídricos, implementadas modalidades de rega e estudado o seu impacto na fisiologia, produção e qualidade.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO ENSAIO

De seguida apresenta-se uma breve caracterização da parcela, do delineamento experimental e material vegetativo.

3.1.1. Localização da parcela

Os ensaios experimentais foram realizados na Quinta da Aveleda (latitude 41° 12' 16,81" ; longitude 8° 17' 34,34", altitude 240m) localizada na Rua da Aveleda nº 2, 4560-570 Penafiel, pertencente à Região Demarcada dos Vinhos Verdes, sub-Região do Sousa (Figura 10).

A Aveleda foi fundada em 1870 por Manoel Pedro Guedes de Silva da Fonseca (1837-1899). A 4ª e 5ª gerações Guedes, gerem actualmente os destinos da Aveleda (Aveleda, 2014).

A Aveleda Vinhos S.A. possui actualmente 205 hectares de vinha, 184 na Região Demarcada dos Vinhos Verdes e 12 na Região da Bairrada. Possuem dois centros de vinificação, um na Quinta da Aguieira, em Valongo de Vouga na Bairrada e outro na Quinta da Aveleda, em Penafiel. Ainda em Penafiel, possuem um centro de engarrafamento com capacidade de produção de 15-20 milhões de garrafas /ano (Aveleda, 2014).

Dos vinhos produzidos, o Casal Garcia é o seu vinho mais conhecido, tendo sido lançado por um dos netos de Manoel Guedes, Roberto Guedes em parceria com o enólogo Eugène Héllisse em 1939. Fazem parte ainda do catálogo de vinhos da empresa: Quinta da Aveleda, Aveleda, Grande Folies, Aveleda Folies, Charamba Douro, Charamba Douro Reserva, Grinalda Kosher (Aveleda, 2014).

De uma maneira geral, as parcelas de vinha na Quinta da Aveleda apresentam uma altitude entre 200-400m, em encosta suave (2 a 5% de declive) e com exposição predominante a Nascente. As castas cultivadas são: Fernão Pires, Alvarinho, Loureiro, Arinto, Trajadura (Aveleda, 2014).

A parcela de Loureiro onde foram feitos os estudos tem a designação interna de Chêlo e apresenta-se em bardos conduzidos segundo a orientação NE-SW.

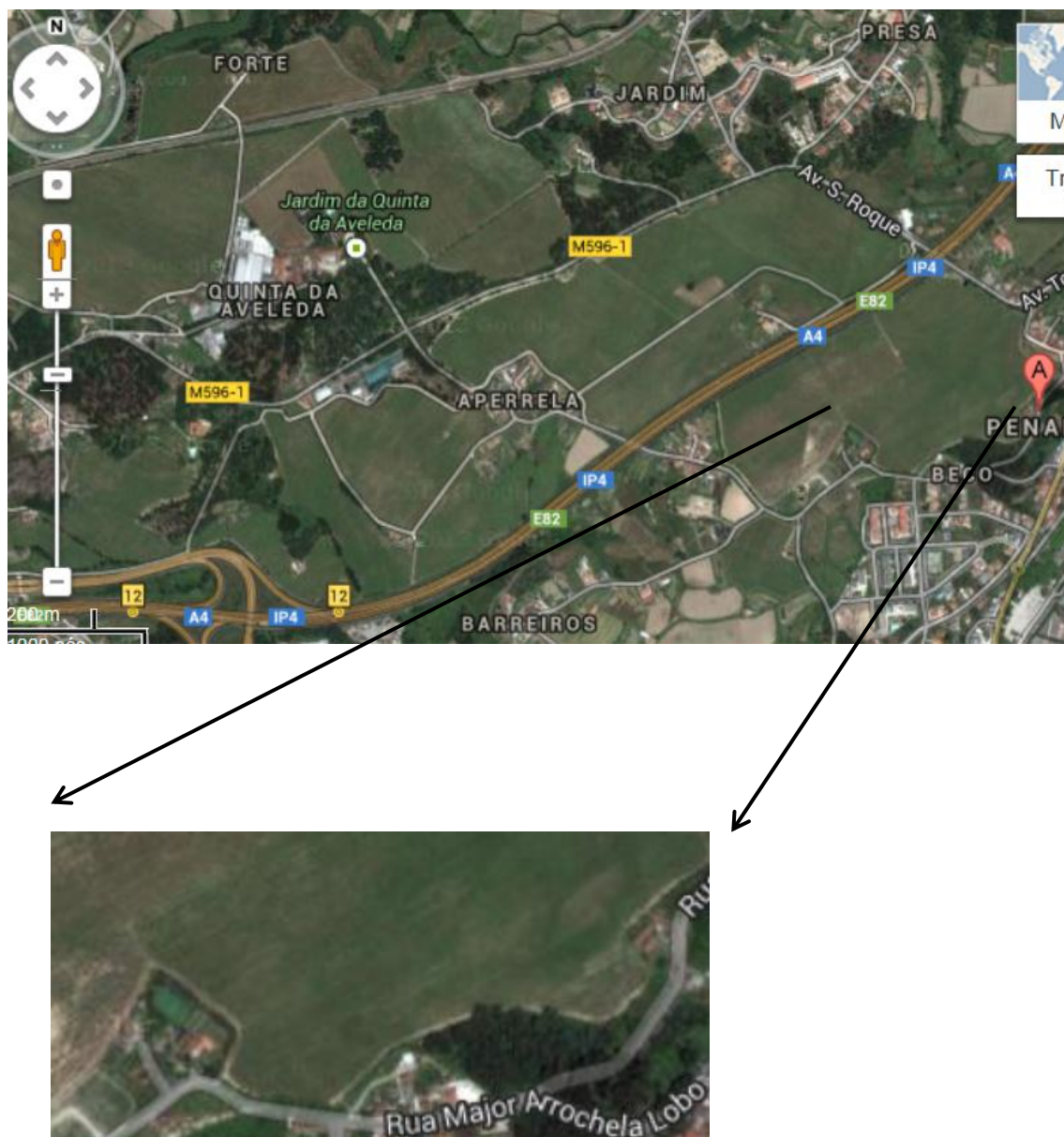


Fig 10. Quinta da Aveleda (sede) com destaque para as parcelas Aperrela (Alvarinho) e Chêlo (Loureiro), esta última com particular destaque. Fonte: acedido em www.googleearth.com.

3.1.2. Delineamento experimental

O desenho experimental consistiu no estabelecimento de quatro modalidades de rega em sistema de blocos causalizados com três repetições. Foram seleccionadas linhas de estudo, deixando uma linha de guarda em cada lado da linha de estudo, de modo a salvaguardar eventuais interferências nos resultados obtidos. Em cada linha foram escolhidas sete videiras, evitando zonas de depressão, videiras mais enfraquecidas e videiras com alguns indícios de doença. Assim, cada modalidade de rega teve um total de 21 videiras, o resultado dos três blocos de replicados (Figura 11).

L2	M1	Bloco I
L5	M3	Bloco I
L8	M0	Bloco I
L11	M2	Bloco I
L14	M3	Bloco II
L17	M1	Bloco II
L20	M2	Bloco II
L23	M0	Bloco II
L26	M0	Bloco III
L29	M1	Bloco III
L32	M3	Bloco III
L35	M2	Bloco III

Fig. 11. Esquema do delineamento experimental com quatro modalidades de rega (M0 a M4), três replicados (blocos) num total de doze linhas de estudo (L2 a L35), sendo as restantes linhas de guarda.

As modalidades de rega aplicadas foram as seguintes:

M0: Modalidade testemunha (não regada);

M1: Modalidade de rega deficitária com início baseado no potencial hídrico de base ($< -0,2$ Mpa) em regime de 75% de ETc;

M2: Modalidade que preconizou 50% e 75% de ETc;

M3: Modalidade de conforto hídrico – 100% ETc;

Foram ainda comparados alguns resultados com a rega preconizada pela Aveleda (M4).

Ocorreram quatro momentos de rega (os dois primeiros num só dia e os dois últimos repartidos por dois dias), todos após o vingamento e antes da vindima (19 de Julho; 18 de Agosto; 25 e 28 de Agosto; 2 e 5 de Setembro).

As dotações de rega (M1, M2 e M3) foram estabelecidas através do cálculo efectuado com base nos valores de evapotranspiração (ET_0), calculados segundo a equação de Hargreaves-Samani, ajustados posteriormente pela aplicação da seguinte equação: $R = 0,75 \times ET_0 - P_u$, sendo P_u a precipitação útil (Raziei e Pereira, 2013).

O início da rega foi determinado com base no potencial de base, isto é, quando este atingiu o valor de -0,20 MPa.

Sempre que possível, as amostragens decorreram nas sete videiras de cada unidade experimental. Em determinações mais morosas, foram seleccionadas dentro dessas sete videiras, um menor número de videiras, consideradas representativas de cada unidade experimental.

3.1.3. Material Vegetativo

3.1.3.1. Casta Loureiro

A casta Loureiro é uma casta branca, produtiva e fértil, sendo responsável pela produção de vinhos com elevada acidez (Magalhães, 2008).

A variedade Loureiro (*Vitis Vinifera* L.) foi enxertada no porta-enxerto 1103-P, tendo sido a plantação efectuada no ano 2000, de forma mecanizada com um compasso de 3x2m (1667 videiras/ha).

A casta Loureiro apresenta algumas sinonímias não oficiais típicas em diferentes regiões como sejam Dourado(a) (Viana do Castelo), Branco Redondo e Loureira (Póvoa do Varzim), Marquês (Paços de Ferreira, Santo Tirso, Caminha). A sua origem envolve a zona da Ribeira do Lima (CVRVV, 2002; Magalhães, 2008).

É uma casta de vigor médio, com índice de fertilidade elevado, com abrolhamento precoce/médio, aberto, branco com orla em carmim e maturação média. Apresenta duas inflorescências por lançamento, sendo os cachos compridos, cilíndricos a cónicos, de tamanho médio, alados (com uma ou mais asas), com lenhificação média e medianamente compactos e pesados, sendo assim responsáveis pela elevada produtividade da casta (Fig.12) (Garrido e Mota, 2004; IVV, 2011, Mota, 2005).



Figura 12. Cachos da casta Loureiro, Chêlo, Aveleda, Setembro de 2014.

O bago é arredondado de tamanho médio, verde-amarelado a dourado. A película apresenta uma espessura média, polpa mole e succulenta com sabor a loureiro (Garrido e Mota, 2004).

É uma casta sensível ao desavinho pelo frio, à desnoca pelo vento e ao míldio, sendo muito sensível ao oídio, escoriose, podridão e ácaros (IVV, 2011).

A folha apresenta um tamanho médio, pentagonal e pode ser quinquelobada ou trilobada, com cor verde médio. Apresenta ainda um perfil irregular, com lóbulos elevados, contorno revoluto com dentes curtos e convexos (Fig. 13). O seio peciolar é pouco aberto em V e os seios laterais em U (IVV, 2011).



Figura 13. Folha da casta Loureiro, Chêlo, Aveleda, Setembro de 2014.

As gavinhas são muito vigorosas e enroscadas (Fig. 14). Os pâmpanos apresentam entre-nós e nós com estrias avermelhadas na parte dorsal e estrias

verdes na parte ventral. Os sarmentos são extensos e vigorosos com entre-nós de comprimento médio e relativamente volumosos (Magalhães, 2008).



Figura 14. Gavinhas da casta Loureiro, Chêlo, Aveleda, Setembro de 2014.

A casta é apta em toda a Região Demarcada com excepção da Sub-Região Basto e Amarante assim como os Concelhos de Baião, Cinfães e Resende (Garrido e Mota, 2004; Mota, 2005).

Os vinhos de Loureiro apresentam uma tonalidade citrina fraca, com aromas florais e frutados com uma predominância terpénica nomeadamente tipo loureiro, tília, acácia e citrinos. O sabor frutado tende a evoluir para mel e apresenta ainda características acídulas, sendo um sabor fresco, encorpado e persistente (Magalhães, 2008; IVV, 2011).

3.1.3.2. Porta-Enxerto

O porta-enxerto 1103 P (1103 Paulsen) é de origem Siciliana e as suas características advêm das respectivas fontes de enxertos, as famílias *Vitis Rupestris* e *Vitis Berlandieri*. A fonte de enxertos *Vitis Rupestris* apresenta características de raízes duras e fibrosas com grande poder de penetração no solo; ângulo geotrópico pequeno; poder induzir desavinho por excesso de vigor; resistente à filoxera, oídio e míldio; indicada para solos pobres. A família *Vitis Berlandieri* enraíza mal; ângulo geotrópico pequeno; resistentes ao excesso de calcário e à secura; resistência à

filoxera e satisfatória resistência ao míldio; bem adaptado a climas quentes e secos, a solos de baixa fertilidade, com certa tolerância à reacção ácida. Adapta-se a solos com teor em calcário entre 17-19% e solos com teor de cloreto de sódio até 1‰ (Garrido e Mota, 2004; Magalhães, 2008).

É um porta-enxerto muito vigoroso com tendência à rebentação múltipla nas castas enxertadas, dando origem a produtividades médias a altas. Sensível a deficiências em potássio, muito sensível á deficiência em boro e tolerante a deficiências em magnésio no solo. Muito resistente à secura e medianamente tolerante à humidade do solo (Magalhães, 2008).

Na tabela seguinte é possível observar o resumo das principais características do porta-enxerto 1103-P (Tabela 1):

Tabela1: Resumo das principais características do porta-enxerto 1103-P

Caracterísiticas	1103 P
Vigor	Muito vigoroso
Resposta ao enraizamento	Bom
Resposta à enxertia	Bom
Resistência ao calcário	17-19%
Resistência à secura	Bom
Resposta à humidade	Moderadamente tolerante
Resistência nemátodos	Média
Resistência acidez	Média
Acção sobre ciclo vegetativo	Retarda um pouco

3.1.4. Sistema de condução e operações culturais

O sistema de condução adoptado foi um monoplano vertical ascendente, podado em cordão Guyot bilateral (Figura 15).



Figura 15. Sistema de condução de uma videira da casta Loureiro, Chêlo, Aveleda, 14 de Maio de 2014.

Foram efectuadas intervenções em verde pela Quinta da Aveleda e que na casta Loureiro consistiram em:

- espampa;
- amparação de sebe (duas vezes);
- desladroamento (aquando da amparação de sebe);
- despona mecânica (duas vezes).

Procederam ainda à mobilização do solo através de gradagem, controlo de infestantes com capinadora e aplicação de herbicida na linha (duas vezes).

3.1.5. Solo e Rega

Os solos são franco-argiloso-arenosos, de origem granítica e textura franca com reacção ácida e baixo teor de matéria orgânica (Aveleda, 2014; Castro, 2010).

O sistema de rega utilizado é um sistema gota-a-gota com gotejadores auto-compensantes, distanciados a 1m entre si.

A condução da rega é programada de acordo com a data, dotações e frequência de rega. O débito dos gotejadores é de 1,6L / planta / hora. Sendo a distância na linha de 2m, implica que cada videira esteja sujeita à influência de 2 gotejadores.

3.2. METODOLOGIAS

3.2.1. Carga e estados fenológicos

Com o registo dos estados fenológicos é possível estabelecer uma escala de tempo biológico. Foram escolhidas 10 videiras por cada modalidade para registo dos principais estados fenológicos segundo Baggiolini. Mais atenção foi votada aos principais estados fenológicos (nomeadamente o abrolhamento, a floração, o pintor e a vindima), onde se considerou cada estado apenas quando a vinha apresentava pelo menos 50% de videiras nesse mesmo estado fenológico (MAMAOT, 2011).

3.2.2. Abrolhamento e Fertilidade

Concomitantemente ao registo dos estados fenológicos, foram contabilizados o número de olhos não abrolhados, número de olhos abrolhados e número de inflorescências em cada olho, com vista às determinações dos índices de fertilidade potencial e percentagem de abrolhamento. Antes de proceder à contabilização de número de olhos abrolhados, não abrolhados e número de cachos, procedeu-se a uma despampa orientada, onde se removeram pâmpanos duplos resultantes de rebentações múltiplas, pâmpanos provenientes de gomos adventícios, pâmpanos presentes no tronco da videira e também provenientes dos olhos da coroa.

Através dos valores recolhidos a 23 de Abril (já com cachos visíveis) foi possível proceder ao cálculo da percentagem de abrolhamento ou taxa de abrolhamento (TA):
 $TA = \text{número de olhos abrolhados} / \text{número de olhos deixados à poda}$.

A fertilidade de um gomo pode ser determinada a partir do número de inflorescências ou a partir do número de flores (Machado, 2011). Através do número de inflorescências foi possível proceder ao cálculo do índice de fertilidade potencial (IFP), que representa o número de inflorescências por olho abrolhado: $IFP = \text{número de inflorescências} / \text{número olhos abrolhados}$.

3.2.3. Caracterização do coberto vegetal

Para a caracterização da estrutura do coberto vegetal, há todo um processo de recolha de dados moroso, daí que se tenham elegido apenas algumas das videiras destacadas no desenho experimental. Para o registo dos valores necessários para o

cálculo da estimativa da área foliar, foram escolhidas três videiras representativas e contíguas em cada linha de estudo. Para os registos das dimensões do coberto vegetal e porosidade do coberto, foram escolhidas cinco videiras representativas e contíguas em cada linha de estudo.

3.2.3.1. Área Foliar

Em três videiras de cada unidade experimental, foram seleccionados em cada uma delas, um sarmento médio e frutífero representativo, tendo sido os registos feitos com base neste sarmento, segundo a metodologia proposta por Lopes e Pinto (2005). Com base nessa metodologia, efectuaram-se assim os seguintes registos:

- número de folhas principais (NFP);
- comprimento das nervuras laterais, esquerda e direita da folha maior (L2E e L2D) e da folha menor (L2e e L2d) das folhas principais (Fig.14);
- número de folhas das netas (NFN):
- comprimento das nervuras laterais, esquerda e direita da folha maior (L2E e L2D) e da folha menor (L2e e L2d) das netas (Fig.16).

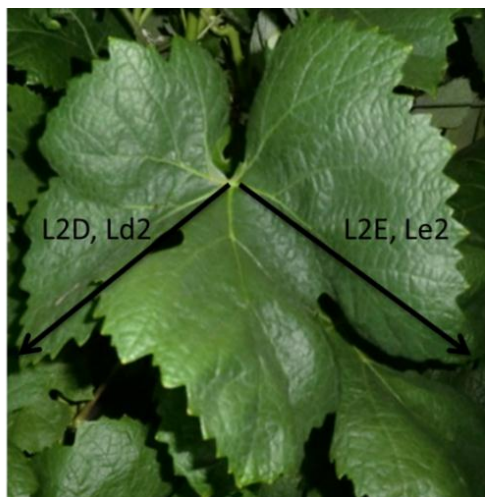


Figura 16: Folha da casta Loureiro, Chêlo, Aveleda, com indicação das medidas dos comprimentos das nervuras a efectuar para obtenção da área foliar.

Procedeu-se ao cálculo da área foliar das folhas principais e das netas segundo o algoritmo proposto por Lopes e Pinto e através da soma destas duas componentes foi possível obter a área foliar do sarmento. Posteriormente calculou-se a área foliar de cada videira através da equação (Lopes e Pinto, 2005):

$AF(\text{videira}) = AF(\text{sarmento}) \times \text{número de sarmentos}$; sendo $AF(\text{sarmento}) = AF(\text{sarmento principal}) + AF(\text{netas})$.

Com base nestas determinações da área foliar, foi possível estabelecer uma relação folhas/frutos tendo como valor de referência 12-16 cm² por grama de fruto como a relação que conduz a resultados qualitativos mais convenientes (Smart e Robinson, 1991).

3.2.3.2. Porosidade do coberto e número de camada de folhas (NCF)

O registo destes dados decorreu a 1 de Agosto, ao pinto. A avaliação da densidade do coberto é conseguida através do cálculo do NCF e permite inferir das condições microclimáticas ao nível dos cachos. A metodologia base é o *Point Quadrat Analysis* proposto por Smart e Robinson (1991), aplicada ao universo de cinco videiras por unidade experimental. O NCF corresponde ao número de folhas a que uma vareta de metal toca, quando inserida transversalmente na sebe, em quatro zonas a nível dos cachos (separadas aproximadamente em 20 cm) e quatro zonas ao nível vegetativo, como representado na Figura 17.

Em cada modalidade de rega registaram-se o correspondente a 120 contactos em ambos os níveis.

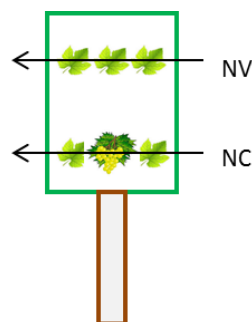


Figura 17: Representação esquemática do processo usado para avaliar o número de camadas de folhas de uma sebe, percentagem de buracos, percentagem de folhas interiores e exposição dos cachos. A seta representa a vara metálica que atravessa o coberto para registo sequencial das intercepções com folhas e cachos. NC: nível cachos; NV: nível vegetativo.

Com estes registos foram calculados os seguintes valores:

- Número de camadas de folhas (NCF) = número total de folhas interceptadas/número de inserções;
- Percentagem de folhas interiores (PFI) = número total de folhas interiores/número total de folhas interceptadas x 100;
- Percentagem de cachos interiores (PCI) = número total de cachos interiores/número total de cachos interceptados x 100;
- Porosidade do coberto ou Percentagem de buracos (PB) = número total de buracos/número total de inserções (Smart e Robinson, 1991).

3.2.3.3. Dimensão do coberto e superfície foliar exposta (SFE)

O principal objectivo de determinar as dimensões da sebe passa pelo cálculo da superfície foliar exposta (SFE). Assim, as determinações foram efectuadas ao pintor (estado M segundo Baggiolini), em Agosto, nomeadamente, a altura de sebe (H), a largura da sebe ao nível dos cachos (Lc), a largura da sebe ao nível vegetativo (Lv) e a largura da sebe ao nível do topo (Lt) (Figura 18).

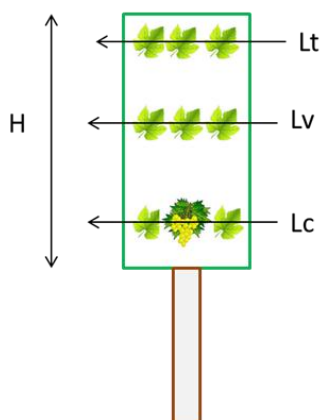


Figura 18: Representação esquemática das medições das dimensões de sebe, a efectuar para o cálculo da superfície foliar exposta.

Uma fita métrica rígida foi inserida nos 3 níveis descritos anteriormente (Lc, Lv e Lt) espaçados aproximadamente em 40 cm na horizontal (Figura 19). A altura da sebe resultou de duas medições em cada lado da sebe.

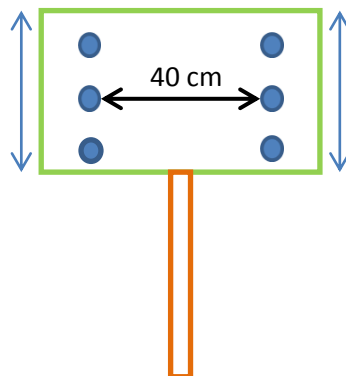


Figura 19: Representação esquemática das inserções efectuadas para determinação das dimensões de sebe.

O conceito de SFE usado é o baseado na área superficial de vegetação exposta de Smart e Robinson (1991), sendo o cálculo baseado numa simplificação de Carbonneau (1995).

A SFE foi calculada com base na seguinte equação:

$$SFE = P_{exp} \times 10.000 / E \quad (m^2/ha) \text{ onde:}$$

$$P_{exp} \text{ (Perímetro exposto de sebe)} = 2 \times H \times Lms \quad (m);$$

E : distância na entrelinha (m);

$$Lms \text{ (Largura média da sebe)} = (Lc + Lv + Lt) / 3$$

3.2.4. ET_0 E REGA

O cálculo da evapotranspiração é efectuado através da seguinte equação:

$$ETc = ET_0 \times Kc$$

onde: ETc - evapotranspiração da planta; ET_0 - evapotranspiração de referência (representa as condições ambientais através da evapotranspiração de uma cultura padrão: relva); Kc - coeficiente da planta de uma determinada cultura, neste caso a vinha (IPMA; Magalhães, 2008).

Tendo em consideração os meses em que ocorreram as regas (Julho, Agosto e Setembro) assim como o facto de estarmos perante “vinhas adultas cultivadas em zonas com geadas ligeiras; primeiras folhas no início de Abril, vindima em fim de Agosto-início de Setembro; cobertura do solo 30-35% a meia estação” (que é a

descrição que mais se relaciona com a parcela em estudo das 3 definições presentes na Figura 20, optou-se por um valor de Kc de 0,70 (Magalhães, 2008).

Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Vinhas adultas cultivadas em zonas com geadas fortes; primeiras folhas no início de Maio, vindima em meados de Setembro; cobertura do solo 40-50% a meia estação.											
-	-	-	-	0,45-0,5	0,65-0,75	0,75-0,9	0,8-0,95	0,75-0,90	0,6-0,75	-	-
Vinhas adultas cultivadas em zonas com geadas ligeiras; primeiras folhas no início de Abril, vindima em fim de Agosto – início de Setembro; cobertura do solo 30-35 % a meia estação.											
-	-	-	0,45-0,5	0,55-0,65	0,6-0,75	0,6-0,75	0,6-0,75	0,6-0,75	0,5-0,65	0,35-0,4	-
Vinhas adultas cultivadas quentes e secas com Inverno ameno; primeiras folhas no fim de Fevereiro – início de Março, vindima em fim de Julho; cobertura do solo 30-35 % a meia estação.											
-	-	0,25	0,45	0,6-0,65	0,7-0,75	0,7-0,75	0,65-0,7	0,55	0,45	0,35	-

Figura 20. Tabela FAO com Kc para a vinha (Magalhães, 2008 b).

Para o cálculo da ET_0 e como aventado no capítulo 2, seguiu-se o método de Hargreaves-Samani, tendo em conta os dados disponíveis, em detrimento da aplicação da equação de Penman-Monteith (PM). A diferença entre a aplicação de ambas as equações para esta vinha em particular, não sugere uma diferença muito significativa (exemplo: foi possível aplicar a fórmula de PM entre 23 e 30 de Junho de 2014 tendo-se obtido um valor médio de ET_0 de 5,10, a que correspondeu para igual período, um valor de 5,31 pela fórmula de Hargreaves-Samani) e assim sendo, seguiu-se aquela que ia mais facilmente ao encontro dos dados disponíveis.

A equação de Hargreaves-Samani é a seguinte:

$$ET_0 = 0,0135k_{RS} \times R_a/\lambda \times \sqrt{(T_{max} - T_{min})} (T+17,8)$$

Onde: R_a corresponde à radiação extraterrestre; λ corresponde ao calor latente de vaporização e k_{RS} é um coeficiente de ajuste de radiação (Raziei e Pereira, 2013).

Recorreu-se a um programa de cálculo da ET_0 diária, o PMDAy de Richard L. Sneyder do LAWR, University of California, Davis, CA e S. Eching, Senior land and water use scientist da California Department of Water Resources, Sacramento, CA.

3.2.5. Medições fisiológicas

De modo a determinar o estado fisiológico da videira mediu-se o potencial hídrico foliar de base. Estas medições tiveram de ser realizadas num curto tempo (máximo 1H), daí que novamente se tenham seleccionado videiras e número de registos.

3.2.5.1. Potencial hídrico foliar de base

Para determinar o potencial hídrico foliar de base (Ψ_0), utilizou-se uma câmara de pressão (Manofrígido S.A.), de acordo com o descrito por Scholander *et al.* (1965), em que o potencial hídrico é medido em unidades de pressão (Figura 21). É aplicada uma pressão sobre uma folha recém cortada até aparecer uma gota de água na secção de pecíolo cortado. Através desta câmara, é estimada a capacidade das células em captarem água livre, na medida em que quanto menor a quantidade de água livre, maior será a pressão necessária para que esta saia através da secção de pecíolo; dito por outras palavras, a pressão positiva aplicada à folha corresponde à pressão de equilíbrio necessária para contrabalançar a pressão negativa com que a água se encontra retida na folha. O aparelho é portátil e foi colocado em cada determinação o mais próximo possível dos locais de amostragem, de modo a obviar alterações a nível do estado hídrico da folha recolhida (Scholander *et al.*, 1965).



Figura 21. Câmara de pressão utilizada para determinação do potencial hídrico foliar de base.

Os resultados são expressos em MPa, de valor absoluto negativo, correspondendo à tensão de resistência da água no interior da folha face à pressão exercida ($10\text{bar} \approx 10^6\text{Pa} \approx 1\text{MPa}$).

Foram escolhidas 6 folhas adultas por modalidade (duas por cada unidade experimental), retiradas do terço médio do sarmento, em bom estado fitossanitário e com boa exposição solar.

As medições foram efectuadas antes do nascer do sol (potencial de base). Após amostragem, as folhas foram rapidamente inseridas na câmara de pressão (de modo a evitar desidratação das mesmas), de modo a que toda a folha ficasse no interior da câmara, ficando apenas parte do pecíolo no exterior através do orifício presente na tampa da câmara (Fig. 22).



Figura 22. Folha de videira inserida na câmara de pressão.

Posteriormente deu-se entrada de azoto (gasoso) para o interior da câmara até à visualização de uma gota de água a sair através do pecíolo seccionado e exposto, altura em que se interrompeu o fluxo de azoto e se registou o valor obtido.

No total realizaram-se seis determinações, a:

-9 de Maio; 16 de Junho; 11 de Julho; 24 de Julho; 4 de Agosto; 4 de Setembro.

Outras medições foram agendadas, nomeadamente de determinação de potencial de base e potencial mínimo, que no entanto não chegaram a ser realizadas devido às condições climáticas, nomeadamente chuva persistente. Também estava prevista uma análise das trocas gasosas a nível dos estomas.

3.2.6. Controlo de maturação

Ao longo do período de maturação foram recolhidas amostras de bagos e analisados os seus mostos. Foram efectuadas duas recolhas: a 4 de Setembro e a 12 de Setembro. As amostras foram constituídas por 100 bagos por modalidade.

O laboratório da Aveleda procedeu à determinação de teor alcoólico provável (refractometria), acidez total (titulação com NaOH 0,1N), pH (potenciometria), ácido málico e ácido tartárico.

Com base nos índices de maturação, as condições climáticas e a disponibilidade da empresa, foi marcada a vindima para 16 de Setembro.

3.2.7. Avaliação quantitativa e qualitativa da vindima

Na vindima, a recolha de bagos foi de 100 bagos por unidade experimental.

Foram novamente determinados os valores de teor de álcool provável, acidez total, pH, ácido málico e ácido tartárico, tendo sido efectuadas ainda, as determinações de valores de rendimento, como sejam:

- kg de uva /videira;
- número de cachos /videira.

3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DE DADOS

O tratamento estatístico foi feito com recurso ao programa SPSS 22.0, tendo os dados sido submetidos a uma análise de variância das médias (ANOVA). Quando as diferenças entre médias foram estatisticamente diferente, recorreu-se a um teste de Duncan.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados de seguida foram obtidos através de dados recolhidos durante o ano vitícola de 2013/2014.

4.1. Caracterização climática

O ano de 2014 iniciou-se com precipitação praticamente diária e abundante até aos primeiros dias de Março, regressando depois em Abril. Em Março as temperaturas estavam dentro da média expectável mas a partir de meados de Março as temperaturas voltam a arrefecer. Em Maio registaram-se valores de temperaturas mínimas anormalmente baixos para a época. Em termos de perfil de precipitação, este caracterizou-se por uma recorrência até ao dia da vindima (IPMA, 2014)

Os dados disponíveis pela Estação Vitivinícola Amândio Galhano (EVAG), localizada em Arcos de Valdevez, permitem uma aferição mais detalhada e concreta da evolução climática nos meses entre Março e Setembro, desde o abrolhamento à vindima.

A média de precipitação anual para a região é de 1500 mm, tendo de Janeiro a meados de Abril sido registado um valor de 1114,2 mm e de Outubro a meados de Abril o valor de 1997,4 mm (Fig. 23) (EVAG, 2014 a).

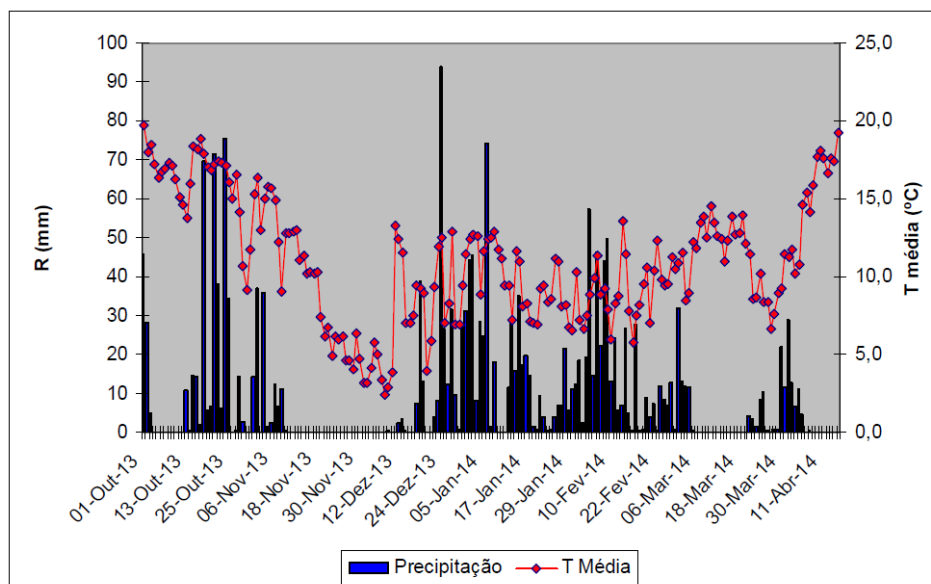


Figura 23. Precipitação (em mm) de Outubro de 2013 a meados de Abril de 2014 e temperatura média (em °C) em igual período, segundo Estação Vitivinícola Amândio Galhano (EVAG, 2014 a).

De meados de Abril a meados de Junho, as condições foram particularmente atípicas, com precipitação irregular mas sempre presente e temperaturas mínimas anormalmente baixas (exemplo: 23 a 27 de Maio os valores rondaram entre 3,5°C e 6,9°C).

Quanto aos valores obtidos na Quinta da Aveleda, esta possui uma estação meteorológica automática (*Cimel Electronique*, France) para medição das principais variáveis meteorológicas como temperatura do ar, precipitação, humidade relativa, velocidade e direcção do vento assim como da radiação solar global, úteis para a determinação da evapotranspiração de referência.

Os dados disponibilizados pela estação meteorológica comportam o período de 1 de Abril a 22 de Setembro. A precipitação foi irregular mas quando presente, registou-se com certa abundância, tendo ocorrido precipitação na altura da floração, pintor e vindima (Fig. 24). Neste período de tempo registou-se uma precipitação acumulada de 337,5 mm. Os valores de humidade relativa média foram sempre bastante elevados desde Abril até Setembro com pequenas baixas no entanto, pontuais e durante um curto período de tempo (Figura 25).

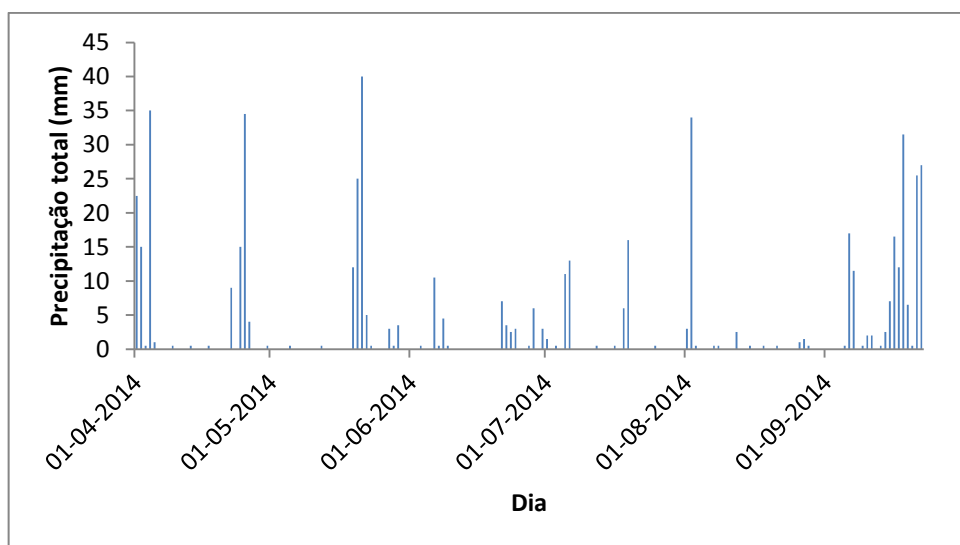


Figura 24. Precipitação (em mm), registada entre 1 de Abril e 22 de Setembro de 2014, pela estação meteorológica localizada na Quinta da Aveleda.

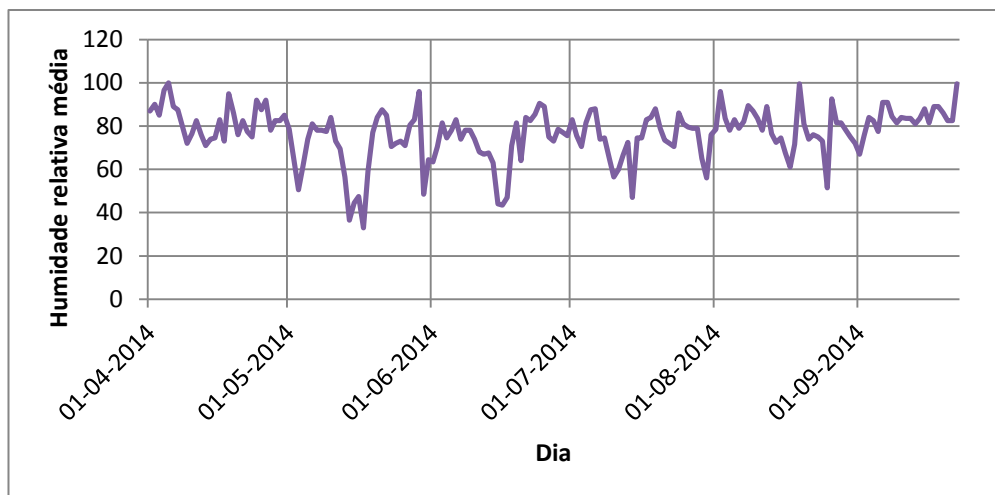


Figura 25. Humidade relativa média, registada entre 1 de Abril e 22 de Setembro de 2014, pela estação meteorológica localizada na Quinta da Aveleda.

As temperaturas foram particularmente baixas no período da floração, tendo registado valores abaixo do normalmente registado na época, não se tendo registado ondas de calor, com um valor médio geral para o período preconizado de cerca de 18 °C (Fig. 21). As temperaturas mínimas foram particularmente baixas em finais de Maio e mesmo em Agosto registaram-se valores mínimos também bastante baixos (Fig. 26).

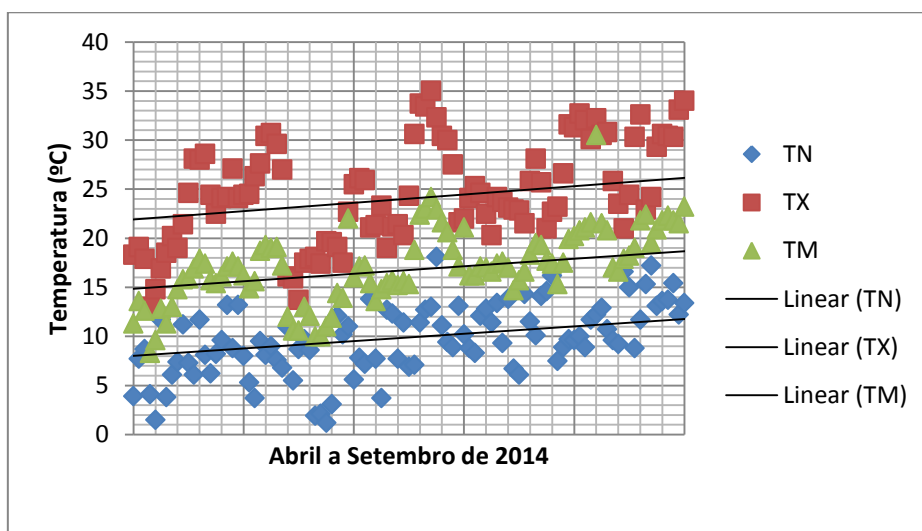


Figura 26. Temperatura em °C registada entre 01 de Abril e 22 de Setembro de 2014, pela estação meteorológica localizada na Quinta da Aveleda (TM: temperatura média do ar; TN: temperatura mínima do ar; TX: temperatura máxima do ar).

4.2. Evolução fenológica

A data média de abrolhamento (50% gomos no estado B de Baggiolini) apontavam em Março para um avanço médio de nove dias para as castas brancas (relativo à colecção ampelográfica da Estação Vitivinícola Amândio Galhano). Particularmente para a casta Loureiro, o abrolhamento foi registado a 21 de Março, nove dias mais cedo que em 2013 e sete dias mais cedo, relativamente à média dos últimos sete anos (EVAG, 2014 a).

Em termos de temperatura, Março até ao dia vinte, registou 12,2º C de média, tendo havido um posterior arrefecimento. Estas condições permitiram a precocidade registada ao abrolhamento (EVAG, 2014 a).

Assim, a floração das castas mais precoces teve um bom arranque, mas devido à deterioração das condições climáticas, a floração acabou por se prolongar até início de Junho. Na casta Loureiro foi registado a floração a 26 de Maio (início a 19 de Maio e fim a 2 de Junho), tendo assim durado 14 dias. Relativamente ao ano de 2013, a floração ocorreu 12 dias antes (EVAG, 2014 b). Em relação à casta padrão (Fernão Pires), a casta Loureiro registou um atraso de 7 dias.

Ainda, na Quinta da Aveleda, foram recolhidos valores de estado fenológico em 7 datas diferentes, de 21 de Março a 21 de Agosto (Figura 27).

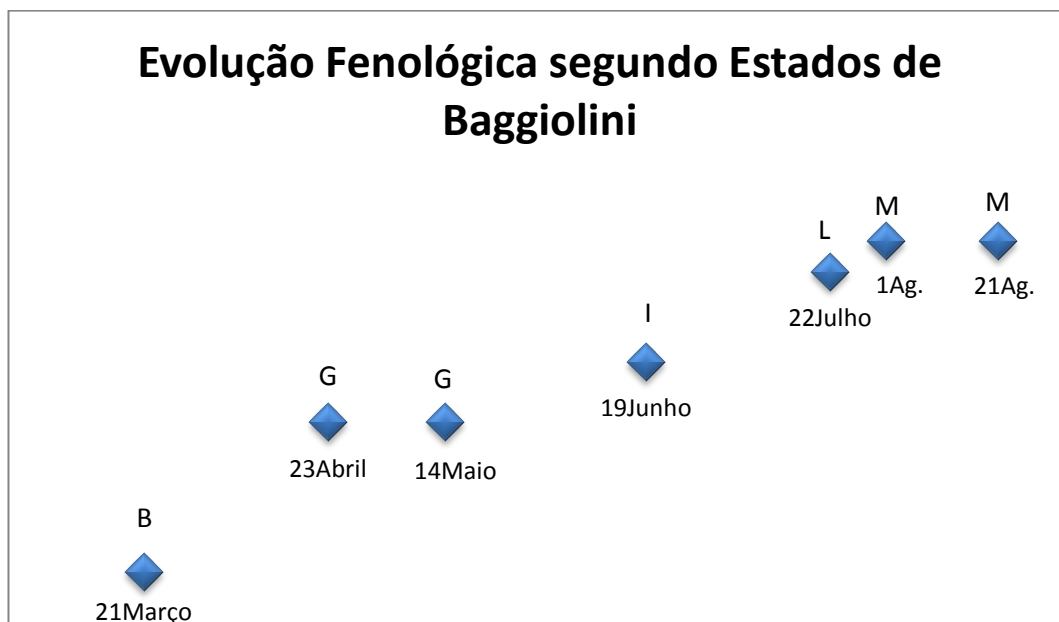


Figura 27. Evolução fenológica, casta Loureiro, Quinta da Aveleda (Letras: estado de Baggiolini e datas de recolha de dados).

Em 21 de Março, pela observância de dominância, o estado fenológico de gomo de algodão (B segundo Baggiolini) era o predominante. Entre 23 de Março e 14 de Maio a vinha encontrava-se em cachos separados (G). A 19 de Junho apanhou-se a floração a decorrer, com a alimpa a ser registada a 22 de Julho. O pintor terá surgido a partir da alimpa, mas não foi possível registar o dia exacto, embora a 1 de Agosto já estivesse no pintor (M).

4.3. POTENCIAL DE PRODUÇÃO

Neste sub-capítulo caracterizar-se-á a taxa de abrolhamento, índice de fertilidade potencial e sua relação com a carga.

4.3.1. Taxa de abrolhamento, carga e fertilidade

A 23 de Abril de 2014, 33 dias após o abrolhamento da casta Loureiro, procedeu-se à recolha de dados nos diferentes blocos do desenho experimental, nomeadamente o número de olhos abrolhados e não abrolhados, de modo a obter a taxa de abrolhamento.

Através de uma análise descritiva de dados, nomeadamente através do recurso a um gráfico “boxplot”, constatou-se da proximidade à normalidade da distribuição. Numa primeira fase, obteve-se o resumo do processamento dos casos, onde se constatou da inexistência de falhas de valores recolhidos. Pela observação da Figura 28, infere-se da distribuição próxima da normalidade e da inexistência de *outliers*, o que confere confiança à distribuição obtida. O valor médio da taxa de abrolhamento foi calculado em $91,45 \pm 4,42\%$.

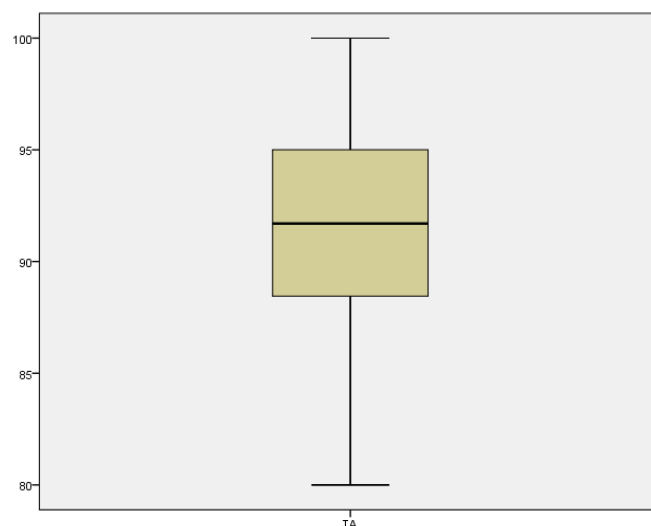


Figura 28. *Boxplot* da taxa de abrolhamento (valor de taxa de abrolhamento e respectiva dispersão).

Pela análise de cada um dos três blocos de replicados em relação aos valores de taxa de abrolhamento calculados, pôde-se inferir de uma certa homogeneidade da parcela, apesar da abrangência espacial do desenho experimental (Figura 29).

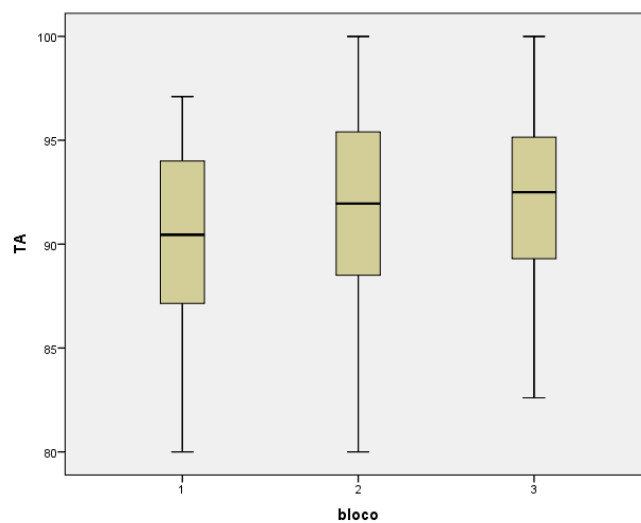


Figura 29. Valores médios de taxa de abrolhamento por bloco.

Pela análise da carga à poda por videira (Figura 30) são reveladas algumas diferenças, nomeadamente no bloco 3 com um *outlier*, no entanto, os valores das médias por bloco obtidas revelam grande homogeneidade.

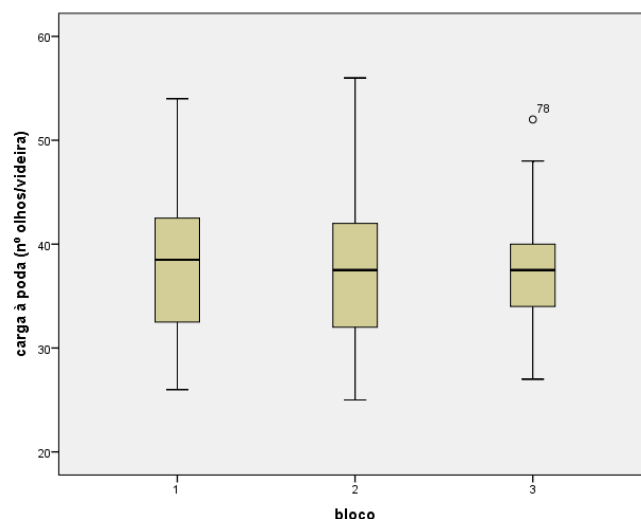


Figura 30. Valores de carga à poda nos diferentes blocos e respectivas dispersões.

Na colecção ampelográfica existente na EVAG, para a casta Loureiro, o índice de fertilidade potencial (que representa o número de cachos por número de lançamentos), foi de 0,946, representando uma nascença fraca relativamente ao ano de 2013 (1,07) e a um dos anos mais férteis, o de 1993 (1,43). A percentagem de abrolhamento registada foi de 115% na EVAG em 2014 (EVAG, 2014 b).

Pelos dados recolhidos nas linhas de estudo constantes do desenho experimental, foi possível obter valores médios de IFP de 1,14 sem diferença significativa entre os 3 blocos de replicados.

A tabela 2 apresenta os valores médios e respectivos desvios-padrão de carga à poda, taxa de abrolhamento (TA) e IFP por bloco.

Tabela 2: Valores de carga à poda, taxa de abrolhamento e índice foliar prático por bloco. São apresentados os valores de significância obtidos pela aplicação de um teste de análise de variância (ANOVA) unidireccional (n.s.: implica a ausência de diferenças estatisticamente significativas para um valor de significância de 0,05).

	Carga (N=84)	TA (N=84)	IFP (N=84)
Bloco 1 (N=21)	38,4	90,7	1,13
Bloco 2 (N=21)	37,6	91,7	1,11
Bloco 3 (N=21)	37,6	91,9	1,18
Média total	37,9	91,4	1,14
Sig.	n.s.	n.s.	n.s.

4.4. EVAPOTRANSPIRAÇÃO E REGAS

Através da aplicação da equação de Hargreaves-Samani, foi possível calcular a ET_0 e assim traçar o perfil de demanda evaporativa com base nos dados meteorológicos recolhidos pela estação meteorológica localizada na Quinta da Aveleda (Fig.31).

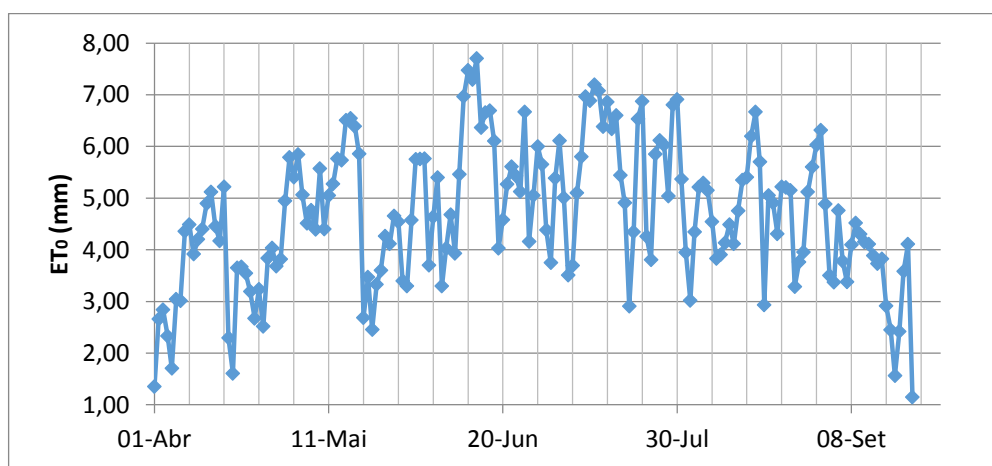


Figura 31. Evapotranspiração de referência (ET_0) de 1 de Abril a 22 de Setembro de 2014, segundo dados recolhidos pela Estação meteorológica da Quinta da Aveleda.

Com os valores da ET_0 e aplicando um valor de K_c de 0,7, foi possível através da equação em 3.2.5. calcular a evapotranspiração da cultura (ET_c) e assim, subtraindo aos valores de precipitação para o período escolhido, aferir das reais necessidades de rega pela vinha, visto que:

$ET_c \text{ do período} = ET_0 \times K_c$ onde ET_0 pela Hargreaves-Samani;

$ET_c \text{ a satisfazer} = ET_c \text{ do período} \times K_s$ (coeficiente de stress que corresponde à % de ET_c definida)

Rega = ET_c - precipitação (mm).

A M0 corresponde à modalidade testemunha, não regada; a modalidade 1 (M1) cujo início de rega apenas é activado se e quando o potencial hídrico foliar de base seja igual ou inferior a -0,2 MPa e com dotação correspondente a 75% do ET_c (o que implica que K_s seja 0,75); a modalidade 2 (M2) com início e dotação de rega determinados pelos valores de ET_c e que nas duas primeiras datas (portanto nas 2 primeiras regas, R1 e R2) foi de 75% do ET_c e nas últimas duas datas (últimas duas

regas R3 e R4) foi de 50% ETc; a modalidade 3 (M3) correspondendo a conforto hídrico com 100% do ETc a ser fornecido à cultura.

Na Tabela 3, constam as 4 datas e dotações das regas efectuadas assim como os valores de precipitação correspondentes respectivamente a 7,12,7 e 5 dias prévios às respectivas datas de rega (R1 a R4). Para cada modalidade são apresentadas as dotações (em mm) de água fornecida. Observando-se a tabela, pode-se constatar que nos dias 25 e 28 de Agosto foi aplicado o total de dotação de rega calculado para cada modalidade, tendo sido 0 para M0, 18,43mm para M1, 11,95mm para M2 e 24,90mm para M3.

Tabela 3: Regas efectuadas e respectivas datas; valores de precipitação (em mm) usados para o cálculo de cada rega e dotação de rega (em mm) para cada modalidade.

Datas	Prec.	M0	M1	M2	M3
R1: 19 Julho	0,5	0	11,84	11,84	15,79
R2: 18 Agosto	30,0	0	0,00	0,00	6,34
R3: 25 e 28 Agosto	1,0	0	18,43	11,95	24,90
R4: 2 e 5 Setembro	0,5	0	15,20	9,97	20,43
Total	-	0	45,47	33,75	67,46

A Quinta da Aveleda procedeu à sua rega (AVEL), com duas datas e com as seguintes dotações (Tabela 4):

Tabela 4: Regas efectuadas (em mm) pela Quinta da Aveleda e respectivas datas.

Datas	AVEL
11 de Julho	24
23 de Agosto	15
Total	39

De uma intenção inicial e puramente teórica de proceder a regas de 15 em 15 dias, tal não foi realizado devido aos meses de Julho, Agosto e Setembro terem registado uma pluviosidade muito superior ao normal e temperaturas inferiores, como já referido anteriormente neste capítulo. Com efeito, os níveis de precipitação acumulada em Julho, Agosto e Setembro foram superiores ao normal mensal no período de 1971 a 2000 (Pordata, 2014).

Esta situação condicionou claramente não só a estratégia inicialmente aventada como o desenrolar das próprias determinações analíticas, devido a dias persistentemente chuvosos, húmidos ou com nevoeiros.

4.5. POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR DE BASE

A caracterização do estado hídrico da videira realizou-se exclusivamente através da determinação do potencial hídrico foliar de base (Ψ_0). Esta caracterização permitiu aferir da condição hídrica das videiras antes de rega assim como aferir do impacto da rega nessa mesma condição. A decisão de se iniciar a rega teve como critérios o estado fenológico da videira e as condições de temperatura e precipitação (aferidas pelo cálculo da ETc); ainda, a modalidade 1 (M1) teve como base de decisão para o seu início, o atingir do valor -0,2 MPa, um valor não muito baixo, na medida em que tratando-se de casta branca e sendo o Loureiro uma casta que, com o stress hídrico, pode responder com aumento do teor em álcool, mas também com diminuição da frescura, tentou evitar-se que essa situação se verificasse logo nos primeiros momentos de rega, ainda no fecho do cacho.

As primeiras 3 determinações de Ψ_0 ocorreram a 10 de Maio, 16 de Junho e 11 de Julho (Figura 33) tendo a determinação de Julho (Figura 34) fornecido valores indicativos da necessidade de aplicar rega, na medida em que os valores dos três blocos (-0,205; -0,188 e -0,165 MPa) perfizeram uma média de -0,185 MPa, que embora não perfaça os -0,2 MPa estabelecidos, encontrava-se perto o suficiente para accionar a rega.

Até ao início da rega, os blocos de replicados apresentavam valores de Ψ_0 semelhantes ao ponto de não haver diferenças estatisticamente significativas entre modalidades, contemplando portanto as 3 primeiras determinações de Ψ_0 . Para a M0 as 3 determinações de Ψ_0 foram: -0,113; -0,138; -0,173 MPa; para a M1 os valores foram: -0,110; -0,167; -0,185 MPa; para a M2 os valores foram: -0,121; -0,147 e -0,174 MPa. Finalmente para a M3 os valores foram: -0,124; -0,162; -0,198 MPa.

Neste período que compreende as 3 primeiras determinações, é assim possível verificar uma tendência do potencial de base para atingir valores cada vez mais negativos, o que implica uma diminuição da condição hídrica das videiras com o evoluir do ciclo vegetativo (Figura 32). Assim, foram necessárias pressões mais elevadas na câmara de pressão, para fazer com que o fluido xilémico saísse pelo corte no pecíolo da folha.

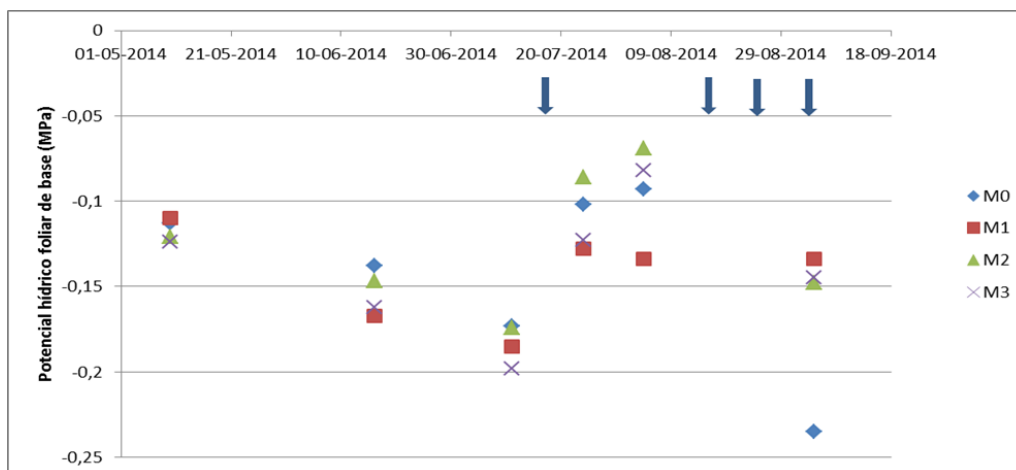


Figura 32. Valores de Ψ_0 (em Mpa) por data e por modalidade (6 datas e 4 modalidades de M0 a M3). Cada valor resulta de 2 determinações por unidade experimental num total de 6 folhas por modalidade. As setas indicam os 4 momentos de rega.

A primeira rega ocorre a 19 de Julho e nas duas determinações de potencial seguintes (24 de Julho e 4 de Agosto), pode-se aferir de um retorno a valores mais positivos, inclusivamente atingindo as videiras, um estado hídrico mais favorável que desde Maio a Julho. Esta condição resulta não só da rega efectuada mas também da precipitação verificada entre 19 de Julho e 4 de Agosto, num total de 54 mm. Também as temperaturas médias neste período rondaram os 19 a 20°C. Daí que todas as modalidades de rega tenham registado uma melhoria da condição hídrica.

Das 3 regas subsequentes à primeira rega de 19 de Julho,, apenas a última determinação de Ψ_0 , a 4 de Setembro pôde aferir do impacto dessas dotações e aí vê-se claramente uma modalidade não regada com valores de Ψ_0 já próximos de -0,25 Mpa, enquanto que as restantes modalidades mal ultrapassam os -0,15 Mpa.

Assim, como das 6 determinações de Ψ_0 , somente as 3 últimas reflectem a exposição das videiras aos condicionalismos das 4 regas, foco-me agora nessas respectivas determinações.

Na determinação de Ψ_0 de 24 de Julho e pela análise das variâncias, pode-se concluir de algumas diferenças estatisticamente significativas entre modalidades (Tabela 5).

Tabela 5: Valores médios do Ψ_0 por modalidade de rega referentes à determinação de 24 de Julho. Valores com letras diferentes pertencem a diferentes grupos de significância segundo o teste de Duncan ($P < 0,05$). Nível de significância: $*0,05$. $N=6$ para cada modalidade.

	PB (MPa) (N=18)
M0	-0,102 ^{AB}
M1	-0,128 ^A
M2	-0,086 ^B
M3	-0,122 ^A
sig	*

A M3 apresenta os valores mais negativos, o que para uma modalidade de conforto hídrico parece um contra-senso, mas esse grupo de videiras já apresentava essa tendência anteriormente, o que revela que a primeira rega poderá ter melhorado o estado hídrico das videiras em geral, mas não ao ponto de verdadeiramente as videiras se adaptarem e reflectirem um novo e pleno estado hídrico. Aliás, essa situação, ver-se-á adiante, só se reflecte verdadeiramente aquando da última determinação de Ψ_0 .

A determinação de 4 de agosto não apresenta resultados significativamente diferentes, com valores de Ψ_0 em média menos negativos que os valores directamente anteriores (M0: -0,093; M1: -0,134; M2: -0,069; M3: -0,082) e na última determinação a 4 de Setembro, é possível concluir que a modalidade testemunha apresenta um grande desvio em relação aos valores das restantes modalidade (Tabela 6).

Tabela 6: Valores médios do Ψ_0 por modalidade de rega referentes à determinação de 4 de Setembro. Valores com letras diferentes pertencem a diferentes grupos de significância segundo o teste de Duncan ($p < 0,05$). Nível de significância: $**0,01$. $N=6$ para cada modalidade.

	PB (MPa) (N=18)
M0	-0,235 ^A
M1	-0,134 ^B
M2	-0,148 ^B
M3	-0,145 ^B
Sig.	**

4.6. DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E VIGOR

4.6.1. Área foliar

O desenvolvimento da área foliar das videiras do ensaio apenas estiveram sujeitas aos condicionalismos da rega na 3ª e 4ª medições de área foliar. Até dia 19 de Julho, altura da R1, tinham-se realizado duas determinações de área foliar (14 de Maio e 19 de Junho) e nessas duas, verificou-se que o desenvolvimento vegetativo se deu de acordo com as disponibilidades hídricas do solo, sem qualquer tipo de condicionalismo ou constrangimento em que a média da área foliar total (AFT) passou de 14,99 m²/videira em 14 de Maio para 21,36 m²/videira em 19 de Junho. Assim, não houve qualquer limitação ao desenvolvimento da área foliar (Figura 33).

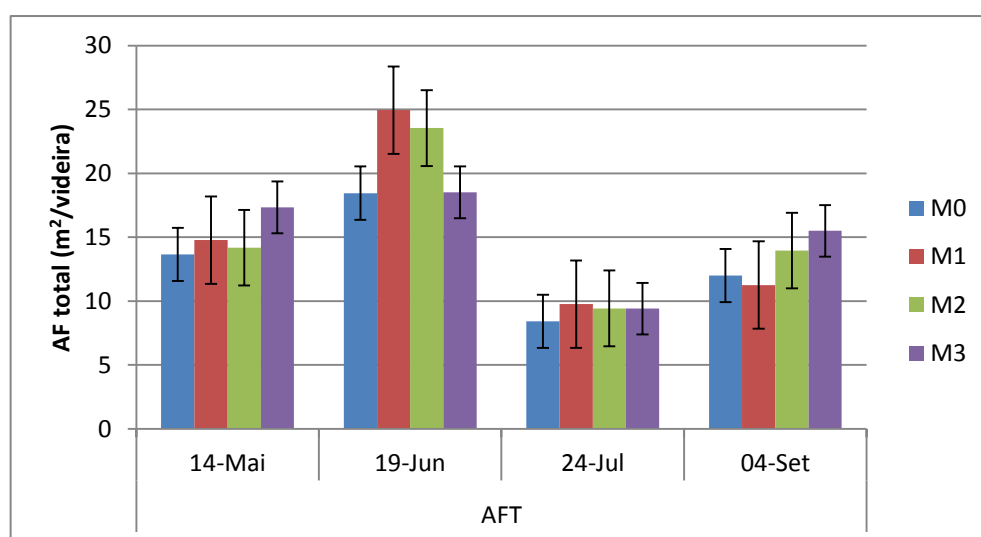


Figura 33. Evolução da área foliar total (em m²/videira) por modalidade (M0 a M3), nas 4 datas de recolha de dados com os respectivos erros-padrão.

Entre finais de Junho e Agosto (depois da 2ª determinação e envolvendo a 3ª) procederam-se a duas despontas mecânicas das netas, o que provocou a quebra a nível dos valores de AFT nas determinações de 24 de Julho e 4 de Setembro. Terá sido esse aliás, o principal factor para esta quebra, visto que apenas tinha decorrido uma rega cerca de 5 dias antes da determinação da 3ª área foliar.

Em todas as modalidades de rega (M0 à M3), há um decréscimo da área foliar total aquando da determinação a 24 de Julho, com recuperação, também em todas as

modalidades, aquando da 4ª determinação a 04 de Setembro, 12 dias antes da vindima (Tabela 7 e 8). Este aumento da AFT da 3ª para a 4ª determinação poderá ser justificada pela rega e precipitação verificadas, pois tendo as despontas incidido principalmente nas netas, a AFP mantém-se ou diminui nalguns casos.

Tabela 7: Valores médios da área foliar total (AFT), área foliar principal (AFP) e área foliar das netas (AFN) em m²/videira, por modalidade de rega referentes s determinações de 14 de Maio, 24 de Julho e 04 de Setembro. Níveis de significância segundo ANOVA :n.s. não significativo; *0,05. N=9 para cada modalidade e N=27 para cada variável.

	AFT			AFP			AFN		
	14-Mai	24-Jul	04-Set	14-Mai	24-Jul	04-Set	14-Mai	24-Jul	04-Set
M0	13,66	8,72	12	5,56	1,31	3,7	8,1	7,11	8,3
M1	14,77	8,76	11,26	5,58	1,24	3,84	9,19	7,52	7,41
M2	14,18	9,43	13,95	6,05	1,36	4,20	8,13	8,07	9,75
M3	17,34	9,41	15,50	6,44	0,91	5,07	10,90	8,49	10,43
Sig.	n.s.	n.s	*	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

Efectivamente, as despontas realizadas pela Quinta da Aveleda, permitiram numa primeira instância a diminuição da área foliar total, mas também, devido ao corte dos ápices vegetativos dos pâmpanos principais, houve uma diminuição da competição com os ápices vegetativos das netas e assim o seu desenvolvimento deu-se mais facilmente como se infere pela relativa estabilidade dos valores de área foliar principal (AFP) ao longo das 4 determinações (Figura 34).

A componente das netas foi particularmente importante para o aumento da área foliar total aquando da 2ª e 4ªs determinações (Tabela 7).

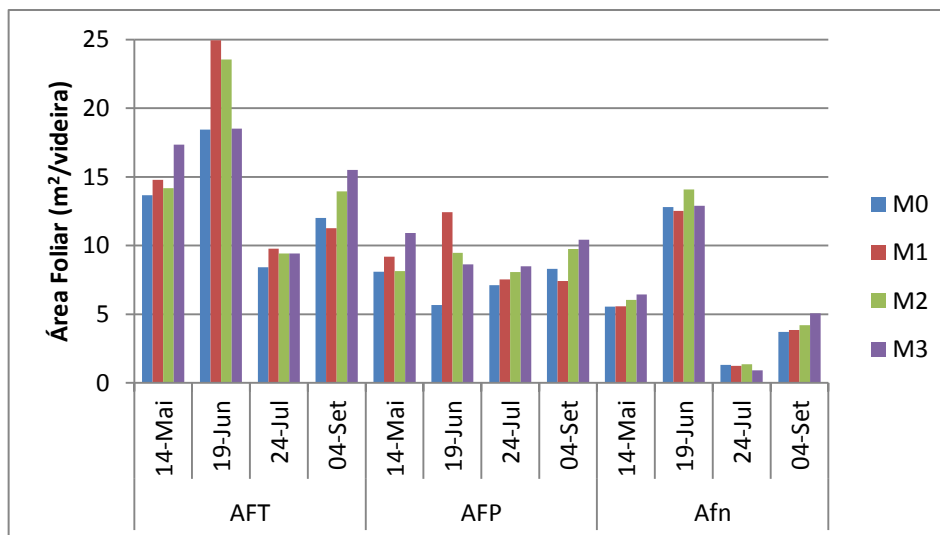


Figura 34. Evolução da área foliar total, principal e netas (AFT, AFP, AFn) (em m²/videira) por modalidade (M0 a M3), nas 4 datas de recolha de dados .

Tabela 8: Valores médios da área foliar total (AFT), área foliar principal (AFP) e área foliar das netas (AFN) em m²/videira, por modalidade de rega referentes à determinação de 19 de Junho. Valores com letras diferentes pertencem a diferentes grupos de significância segundo o teste de Duncan (p<0,05). Níveis de significância :n.s. não significativo; *0,05.

	AFT	AFP	AFN
M0	18,44	8,44	5,68 ^A
M1	24,94	8,26	12,42 ^B
M2	23,53	9,49	9,44 ^{AB}
M3	18,50	9,56	5,61 ^A
sig	n.s.	n.s.	*

O verdadeiro impacto das regas efectuadas só se pode aferir aquando da determinação de área foliar de 4 de Setembro. Aí, assiste-se a uma recuperação da área foliar total, fruto de um sustentado desenvolvimento da área foliar principal e de um ressurgir da actividades dos ápices vegetativos das netas depois das despontas.

A M3 de conforto hídrico apresenta os valores mais altos de AFT assim como a M2 que é a segunda modalidade com mais aporte hídrico às videiras (Tabela 9). Assim, a menor restrição hídrica permitiu um maior desenvolvimento vegetativo

Tabela 9: Valores médios da área foliar total (AFT) em m²/videira, por modalidade de rega referentes à determinação de 04 de Setembro. Valores com letras diferentes pertencem a diferentes grupos de significância segundo o teste de Duncan ($p < 0,05$). Nível de significância : *0,05.

	AFT
M0	12,01 ^{AB}
M1	11,26 ^A
M2	13,96 ^{AB}
M3	15,50 ^B
sig	*

4.6.2. Porosidade do coberto e número de camadas de folhas

Segundo Smart e Robinson, existe um valor máximo para o NCF e que deverá ser entre 1,0 e 1,5 (Smart e Robinson, 1991). A média total, isto é, considerando todas as modalidades e todos os replicados, a nível dos cachos foi de 3,23 e a nível vegetativo de 6,20, o que representam valores bem mais elevados que aqueles apontados pelos autores previamente referidos. Assim, talvez estes valores de referência não estejam adaptados ao nosso clima (Smart e Robinson, 1991).

A recolha de dados efectuou-se a 1 de Agosto de 2014, portanto, apenas contemplando uma rega até a esse momento.

O NCF a nível dos cachos foi significativamente mais baixo que o NCF a nível vegetativo, o que tem que ver com a casta e o sistema de condução, indo ao encontro daquele que é expectável para a casta Loureiro e monopiano vertical ascendente (Figura 35).

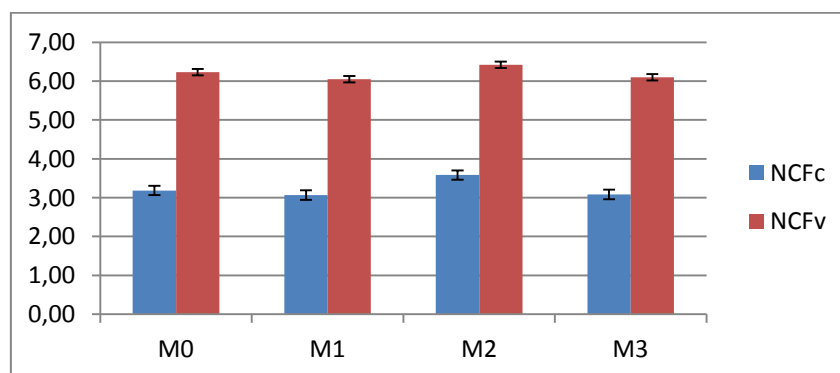


Figura 35. Média dos valores de número de camada de folhas, a nível dos cachos e vegetativo (respectivamente NCFc e NCFv), por modalidade (M0 a M3), com os respectivos erros-padrão.

Ao nível vegetativo os valores médios do NCF entre modalidades, não são diferentes em termos estatísticos. A nível dos cachos já se verifica uma diferença estatisticamente significativa. A M2 apresenta o maior valor de NCF relativamente às restantes modalidades, enquanto que os valores mais baixos correspondem à M1 e M3 (Tabela 10).

Tabela 10: Valores médios do nível de camada de folhas a nível dos cachos (NCFc), por modalidade de rega. Valores com letras diferentes pertencem a diferentes grupos de significância segundo o teste de Duncan ($p < 0,05$). Nível de significância segundo ANOVA : $*0,05$. N=60 para cada modalidade.

	NCFc (N=180)
M0	3,18 ^A
M1	3,07 ^A
M2	3,58 ^B
M3	3,05 ^A
sig	*

Passando a outros parâmetros como a percentagem de folhas interiores e percentagem de cachos interiores, quer a nível dos cachos, quer a nível vegetativo (respectivamente PFic, PFlv e PCic, PClv) há algumas considerações a fazer. Começando a nível dos cachos, a PFic apresenta valores significativamente distintos, com referência para o valor mais baixo (indicará à partida condições microclimáticas mais favoráveis) para a M1 (Tabela 11). O valor mais alto correspondeu a M2.

Tabela 11: Valores médios da percentagem de folhas interiores a nível dos cachos (PFic), por modalidade de rega. Valores com letras diferentes pertencem a diferentes grupos de significância segundo o teste de Duncan ($p < 0,05$). Nível de significância segundo ANOVA : $**0,01$. N=60 para cada modalidade.

	PFic (N=180)
M0	33,40 ^{AB}
M1	29,92 ^A
M2	39,87 ^B
M3	30,12 ^A
sig	**

O coberto vegetal desta vinha é bastante vigoroso com dimensões de sebe, que ver-se-ão de seguida, são bastante consideráveis. Assim se entendem e contextualizam os seguintes valores relativos ao nível vegetativo.

O NCFv apresenta uma média de 6,20, com o valor mais baixo a corresponder M1 e o mais alto à M2 (Tabela 12). Os resultados não apresentam no entanto diferenças estatisticamente significativas.

A PFlv apresenta um valor médio total de 66,58%, correspondendo o valor mais elevado à M2 com 67,67% e os mais baixos à M1 com 66% e M3 com 65,18%. (Tabela 12). Também neste caso não há diferenças estatísticas a considerar.

Tabela 12: Valores médios de número de camadas de folhas a nível dos cachos e vegetativo (NCFc e NCFv), de percentagem de folhas interiores a nível dos cachos e vegetativo (PFic e PFlv), percentagem de buracos a nível de cachos e vegetativo (PBc e PBv) e percentagem de cachos interiores a nível dos cachos e vegetativo (PCic e PClv) por modalidade de rega. Nível de significância segundo ANOVA : **0,01. N=60 para cada modalidade.

	NCFc	NCFv	PFic	PFlv	PBc	PBv	PCic	PClv
M0	3,2	6,2	33,6	67,4	0	0	38,3	7,5
M1	3,1	6,0	30,0	65,9	1,7	0	30,8	0,0
M2	3,6	6,4	40,0	67,7	1,7	0	46,4	1,7
M3	3,1	6,1	30,3	65,1	1,7	0	35,0	6,7

4.6.3. Dimensão da sebe e superfície foliar exposta

A recolha de dados relativos às dimensões de sebe foram realizados a 1 de Agosto de 2014, quando uma das despontas mecânicas já tinha sido realizada entre outras intervenções em verde, já discriminadas.

Os valores médios da altura de sebe não revelaram diferenças significativas entre modalidades assim como os valores médios da largura da sebe a nível dos cachos (base) e a nível do topo (Figura 36).

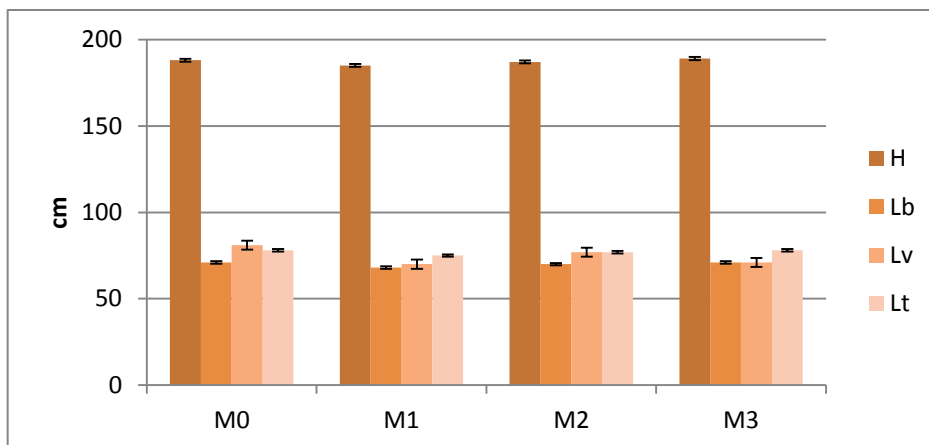


Figura 36. Média dos valores de altura (H), largura na base (Lb), largura a nível vegetativo (Lv) e largura a nível do topo (Lt), por modalidade (M0 a M3), com os respectivos erros-padrão.

Quanto aos valores da largura a nível vegetativo, os resultados indicam diferenças muito significativas entre modalidades (Tabela 13).

Tabela 13: Valores médios da largura nível vegetativo (Lv), por modalidade de rega. Valores com letras diferentes pertencem a diferentes grupos de significância segundo o teste de Duncan ($p < 0,05$). Nível de significância ***0,001. N=30 para cada modalidade.

	Lv (N=90)
M0	80,90 ^C
M1	70,10 ^A
M2	76,77 ^B
M3	70,97 ^A
Sig.	***

A média da largura da sebe a nível vegetativo que apresenta o menor valor é a correspondente à M1 e os maiores valores das médias correspondem às M0 e M2.

Relacionado visualmente através do gráfico da Figura 37, os valores médios da largura da sebe a nível vegetativo e da percentagem de folhas interiores a nível vegetativo, é possível inferir de um potencial maior equilíbrio microclimático em M1 e M3, na medida em que ambas apresentam valores médios de Lv e PFIv mais baixos.

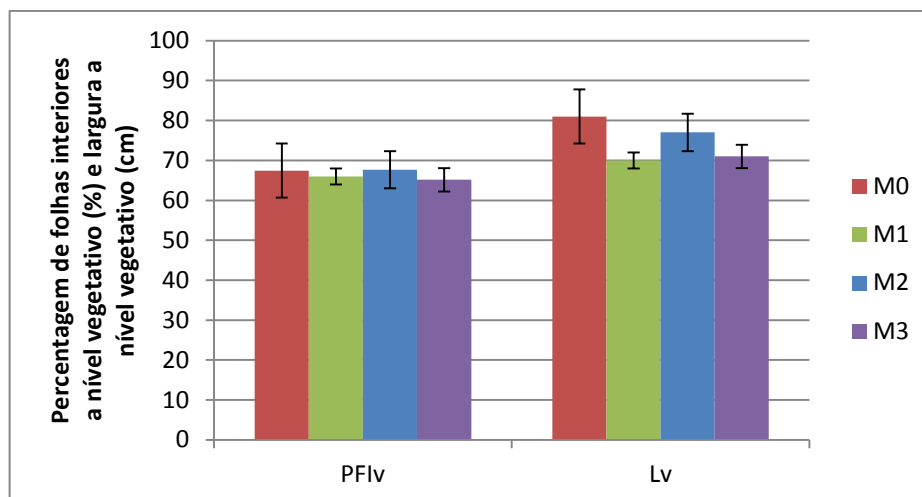


Figura 37. Média dos valores de percentagem de folhas interiores a nível vegetativo (PFiv) e largura da sebe na base (Lv) por modalidade (M0 a M3), com os respectivos erros-padrão.

No que diz respeito aos valores de SFE, obtidos a partir dos valores de dimensão da sebe anteriormente descritos, registaram-se diferenças estatisticamente significativas entre modalidades sob a forma de SFE total (m^2/ha). A SFE foi estimada com base na altura e largura do coberto assim como da distância da entrelinha, assumindo-se que a sebe seja contínua e rectangular, segundo Smart e Robinson (1991).

Os valores mais elevados corresponderam às M0, M2 e M3. A elevada significância das diferenças é de considerar claro, mas no âmbito de intervenções em verde e despontas heterogêneas, mais até que devido ao impacto de apenas uma sessão de rega (Tabela 14 e Figura 38).

Tabela 14: Valores médios da superfície foliar exposta (SFE) (m^2/ha), por modalidade de rega. Valores com letras diferentes pertencem a diferentes grupos de significância segundo o teste de Duncan ($p < 0,05$). Nível de significância : ***0,001.

	SFE (N=90)
M0	14 356 ^B
M1	13 192 ^A
M2	13 976 ^B
M3	13 875 ^B
Sig.	***

A média da SFE (m^2/ha) de todas as modalidades é de 13 850, o que se enquadra na nomenclatura preconizada por Smart e Robinson, como sendo uma canópia espaçada e não dividida e de vinhas largas. O valor óptimo é considerado 21 000 m^2/ha , mas esse valor não é comumente encontrado na Região dos Vinhos Verdes (Smart e Robinson, 1991). Castro *et al.* (2006) referem valores de 11 600 m^2/ha para monoplanos verticais ascendentes. Os valores de SFE são importantes na medida em que são os principais determinantes do que uma videira pode produzir e consequentemente do rendimento que se pode obter.

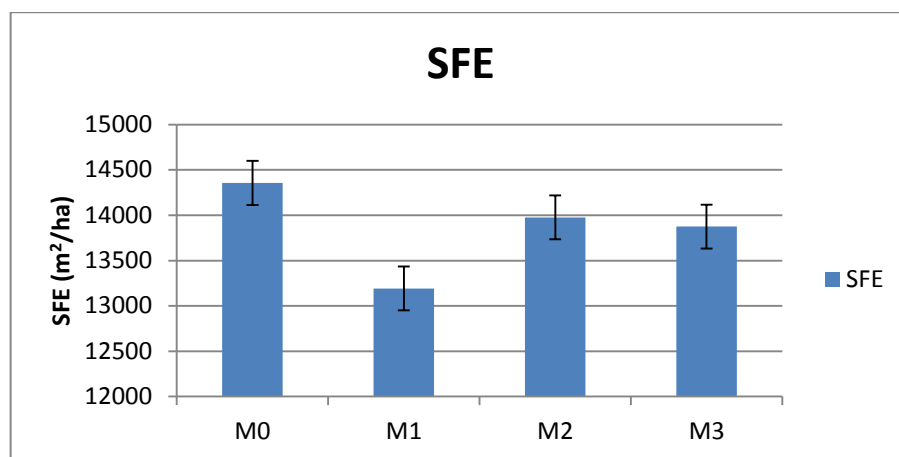


Figura 38. Média dos valores de superfície foliar exposta (SFE) (m^2) por modalidade (M0 a M3) com os respectivos erros-padrão.

Como a determinação mais próxima da área foliar relativamente à recolha dos dados para cálculo de SFE, foi a 24 de Julho, usamos essa data, apenas 7 dias de diferença.

Assim, os rácios de densidade mais favoráveis foram encontrados para a M0 e M1, respectivamente com valores de 1,86 e 1,96 (Figura 39). Segundo Smart e Robinson é ideal que esse rácio seja inferior a 1,5, mas em canópias tão densas e vigorosas como as da Região dos Vinhos Verdes e particularmente o Loureiro, este desvio de valores é perfeitamente admissível, desde que haja um controlo redobrado a nível de incidência de doenças criptogâmicas, que uma vez instaladas e também tendo em conta o facto de o cacho da casta Loureiro ser bastante denso e fechado, pode trazer algumas consequências, a nível de podridão à vindima.

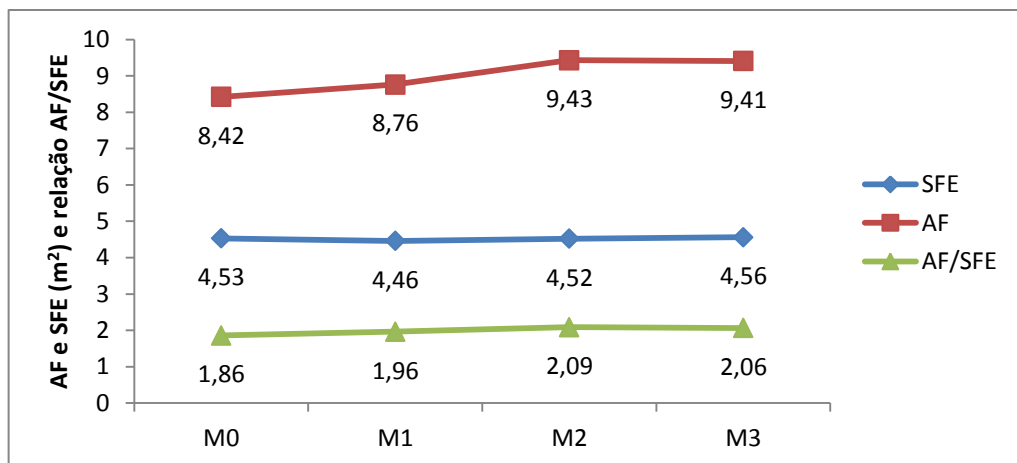


Figura 39. Média dos valores de superfície foliar exposta (SFE) (m²), área foliar (AF) (m²) e AF/SFE por modalidade de rega (M0 a M3)

4.7 PRODUÇÃO E QUALIDADE

4.7.1 Ensaios de Maturação

Efectuaram-se duas recolhas de dados por modalidade a 4 e a 12 de Setembro.

A amostragem de bagos não apresentou diferenças estatisticamente significativas no que concerne ao teor de álcool provável (TAP) e acidez total (AT).

Na primeira recolha, o valor mais baixo de TAP correspondeu à M0 com 8,8% volume e o valor mais alto à M3 com 9,4% vol. Na segunda determinação, a 12 de Setembro, o valor mais baixo correspondeu à modalidade preconizada pela Aveleda (M4) com o valor de 9,7 % volume e o valor mais elevado à M2 com 10,8 %volume (Figura 40).

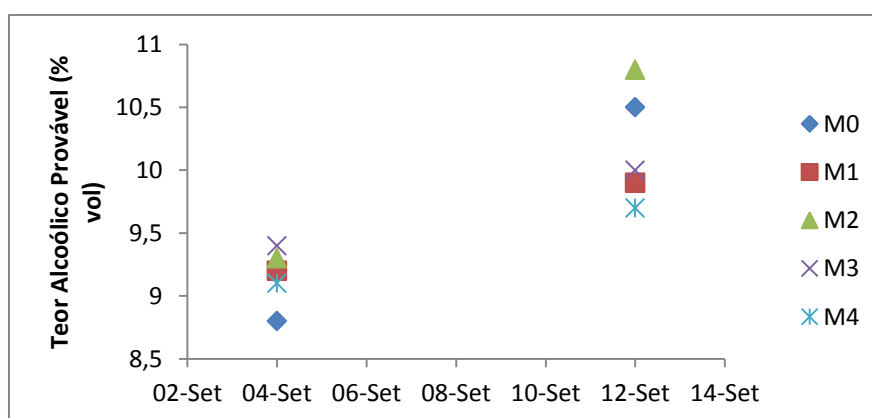


Figura 40. Média dos valores de teor alcoólico provável por modalidade de rega (M0 a M3 e M4: Aveleda) nas datas de 4 e 12 de Setembro.

Relativamente aos valores de acidez total, a 4 de Setembro, o valor mais alto correspondeu à M0 com 15,59 g/dm³ e o mais baixo à M3 com o valor de 13,6 g/dm³. A 12 de Setembro, estes máximos e mínimos foram substituídos respectivamente pelas M4 com o valor de 11,12 g/dm³ e M1 com o valor de 9,92 g/dm³ (Figura 41).

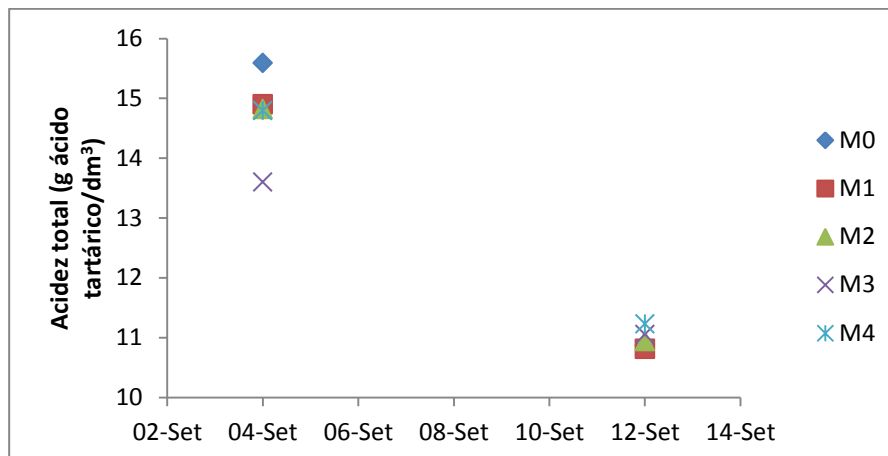


Figura 41. Média dos valores de acidez total por modalidade de rega (M0 a M3 e M4: Aveleda) nas datas de 04 e 12 de Setembro.

O índice de maturação obtido através da razão teor de álcool provável e acidez total permite inferir da evolução da relação açúcares / acidez, constatando-se de uma evolução brusca entre 4 e 12 de Setembro, expectável devido à proximidade da vindima (Tabela 15) Valores próximos de 1, foram registados à vindima, revelando o ideal desta razão.

Tabela 15: Índices de maturação por modalidade a 4de Setembro, 12 de Setembro e 16 de Setembro.

Índice de Maturação	M0	M1	M2	M3
04-Set	0,56	0,62	0,63	0,69
12-Set	0,97	0,92	0,99	0,90
16-Set	1,01	1,06	1,05	0,95

O modo como o ácido málico e tartárico evoluíram nestas 2 datas, permite inferir de uma evolução muito mais acentuada para o ácido málico relativamente ao tartárico (Figuras 42 e 43).

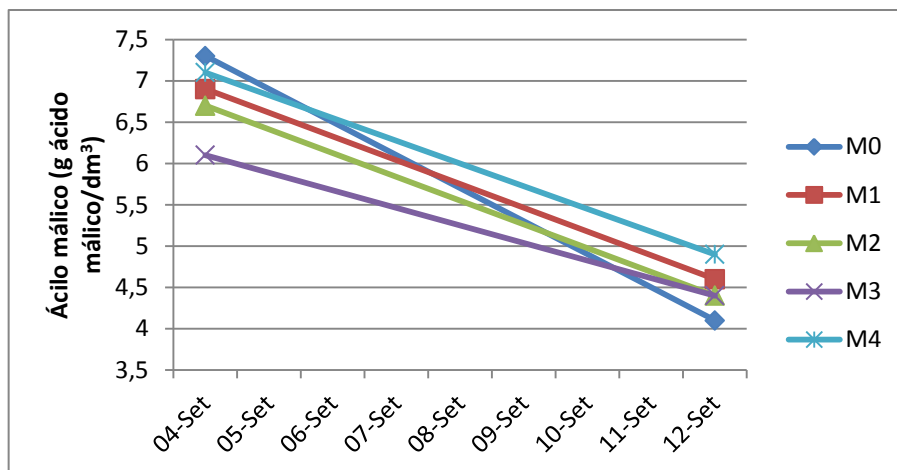


Figura 42. Evolução dos valores de ácido málico (g ácido málico/dm³) por modalidade de rega M0 a M3 e M4: Aveleda).

O ácido málico passou de 7,3 para 4,1 g/dm³ na M0, desde a medição de 4 de Setembro até à medição realizada a 21 de Setembro. A evolução destes valores, no mesmo período, para as restantes modalidades foram: M1 de 6,9 para 4,6 g/dm³; M2 de 6,7 para 4,4 g/dm³; M3 de 6,1 para 4,4 g/dm³ e M4 de 7,1 g/dm³ para 4,9 g/dm³.

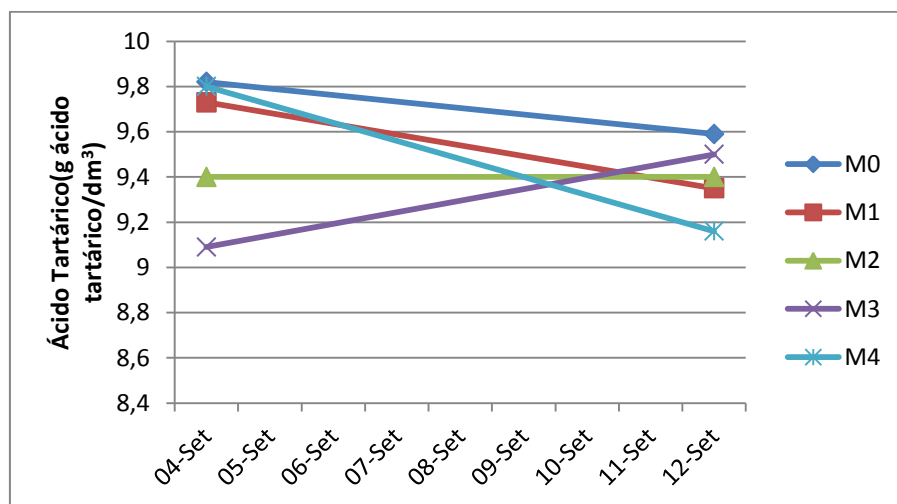


Figura 43. Evolução dos valores de ácido tartárico (g ácido tartárico/dm³) por modalidade de rega (M0 a M3 e M4: Aveleda).

O ácido tartárico passou de 9,82 para 9,59 g/dm³ na M0, desde a medição de 4 de Setembro até à medição realizada a 21 de Setembro. A evolução destes valores, no mesmo período, para as restantes modalidades foram: M1 de 9,73 para 9,35 g/dm³; M2 de 9,40 para 9,40 g/dm³; M3 de 9,09 para 9,50 g/dm³ e M4 de 9,80 g/dm³ para 9,16 g/dm³.

Tanto o perfil do ácido málico como do tartárico obedeceram ao expectável, isto é, um decaimento mais rápido e pronunciado no ácido málico e um decaimento mais suave no ácido tartárico.

4.7.2 Ensaio de vindima

À data da vindima, a 16 de Setembro, procedeu-se à recolha de bagos para análise laboratorial pelos técnicos da Quinta da Aveleda de parâmetros como teor alcoólico provável (TAP), acidez total (AT), pH, teor de ácido málico (Am) e teor de ácido tartárico (At) (Tabela 16). As unidades em que estes parâmetros estão expressos, são as seguintes: TAP em % Vol; AT em g/L; pH em unidades numéricas de 0 a 14; Am em g de ácido málico/dm³ e At em g de ácido tartárico/dm³.

Tabela 16: Valores médios de teor alcoólico provável (TAP), acidez total (AT), pH, ácido málico (Am) e ácido tartárico (At) por modalidade (M0 a M3).

	TAP	AT	pH	Am	At
M0	10,5	10,40	3,04	4,1	9,10
M1	10,5	9,92	3,10	4,1	8,91
M2	10,8	10,33	3,09	4,4	9,26
M3	10,0	10,52	3,06	4,3	9,22

O valor mais elevado de TAP correspondeu à M2, sendo o valor mais baixo, o correspondente à modalidade de conforto hídrico (M3).

Em termos de AT, o valor mais elevado correspondeu precisamente à M1 e o valor mais baixo à M3.

Procedeu-se concomitantemente à determinação do número de cachos por videira, produção por videira (em Kg) para aferir de rendimento e do peso unitário do cacho (Tabela 17).

Tabela 17: Valores médios de número de cachos por videira, produção por cepa (Kg) e por m² e peso do cacho (g) por modalidade (M0 a M3). Significância pelo ANOVA a um factor; n.s. – não significativo ao nível p<0,05.

	Número de cachos por videira	Produção por cepa (Kg)	Produção por m²	Peso do cacho (g)
M0	53,1	9,9	1,65	0,190
M1	46,6	8,6	1,42	0,193
M2	58,2	10,2	1,70	0,181
M3	58,8	9,9	1,65	0,180
Sig.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Em termos de produção por cepa, a modalidade mais produtiva foi a M2 com 10,2 Kg/cepa, e a menos produtiva foi a M1 com 8,6 Kg/cepa (Figura 45). Os cachos mais pesados foram, no entanto, os correspondentes à M1, tendo, no entanto, correspondido também a um menor número de cachos. As diferenças entre resultados apesar de não serem significativos em termos estatísticos abrem a porta ao debate relativamente à questão do efeito do estado hídrico da videira ao aspecto produtivo, um dos principais motores de sobrevivência das empresas. Nenhuma das modalidades pode ser taxativamente excluída, mas no aspecto produtivo há um pendor para a M2, como a mais favorável neste parâmetro.

4.8 RELAÇÃO FOLHAS / FRUTOS: SFE / RENDIMENTO

Através da análise do indicador SFE/rendimento não foi possível inferir de diferenças estatisticamente significativas. Os valores são mais baixos relativamente ao preconizado por Rosseau (2010) para vinhos brancos de 0,8-0,9 m²/Kg.

A M0 e M3 apresentaram valores idênticos deste indicador: 0,46. A M1 apresentou valores de 0,52 e M2 com 0,44.

Este cálculo fornece uma medida da eficiência ao relacionar a componente vegetativa com a reprodutiva e nesse sentido a M1 revelou maior eficiência. Esta M1 apesar de ter tido um valor de produção mais baixo, obteve a menor acidez mais à vindima. Esta situação de maior eficiência para M1 revelou-se em qualidade e não em produção.

5 – CONCLUSÕES

Este trabalho esteve sujeito a vicissitudes de ordem climática que foram determinantes no sentido de não permitir que o desenho experimental inicialmente concebido fosse levado a cabo. Chuva e humidade elevadas e contínuas durante os meses de Primavera e Verão, foram elementos importantes na condução dos ensaios e de certa maneira responsáveis por uma condução do planeamento de ensaios mais lenta que o estipulado, tendo inclusivamente de se ter eliminado certas determinações, que em circunstâncias normais teriam sido uma mais-valia, na medida em que seriam fornecedoras de uma série de dados que seriam importantes de ter para relacionar melhor todos os parâmetros.

O potencial de base permitiu uma boa caracterização do estado hídrico das videiras, embora idealmente pudesse ser complementado com outras medições que não puderam ser realizadas. Durante o período de 9 de Maio e 11 de Julho, verificou-se uma tendência do potencial de base de apresentar valores mais negativos, reflectindo um aumento do constrangimento hídrico, nunca se obtendo valores negativos suficiente para accionar a rega. Aliás, o valor de -0,2 Mpa foi apenas atingido por arredondamento (-0,185 MPa).

Com o início das regas e com a precipitação verificada, o potencial voltou para valores menos negativos, apenas se revelando uma diferença mais importante de valores aquando da última determinação de potencial de base, a 4 de Setembro, já depois de todas as 4 regas terem sido efectuadas. Ai, viu-se claramente a modalidade testemunha a apresentar valores mais negativos de potencial que as restantes.

Os valores de área foliar e número de camadas de folhas reflectiram um potencial melhor arejamento e condição microclimática das sebes das videiras sujeitas às modalidades M1 e M3. Apesar de M3 apresentar a maior área foliar das modalidades de rega estudadas (15,50 m²/videira), apresenta concomitantemente o menor valor de PFIv e o segundo mais baixo valor de NCF; já a M1 apresenta o mais baixo valor de área foliar (11,26 m²/ha) e o valor mais baixo de PFIc com os valores mais baixos também de NCF. Esta conjunção de valores indicará uma mais valia a nível das condições microclimáticas destes cobertos. Efectivamente, as condições climáticas não proporcionaram dias de calor e incidência de radiação solar suficientes para as videiras sujeitas a estas modalidades rentabilizarem a sua melhor condição de arejamento do coberto vegetal, no entanto, talvez a M1 tivesse

respondido melhor com um rácio de SFE/rendimento de 0,52, abaixo do ideal, mas o maior valor obtido entre as modalidades estudadas.

Em termos de superfície foliar exposta, a testemunha (M0) e M2 apresentaram valores respectivamente de 14 356 e 13 976 m²/ha, os valores mais elevados.

Nos ensaios de maturação, o teor alcoólico mais elevado, com mais acidez, correspondeu às M0 e M2. O mais equilibrado talvez fosse o M2 com valor de TAP de 10,8 e acidez total de 10,33 g/dm³. O perfil de ácidos exibiu um comportamento dentro do expectável, isto é, uma diminuição mais expressiva dos teores em ácido málico, relativamente a uma diminuição mais ténue dos teores em ácido tartárico, com M2 a apresentar um teor em ácido tartárico de 9,26 g/dm³, ligeiramente mais elevado que M1 com 8,91 g/dm³.

Em termos produtivos, o melhor resultado foi o obtido com a M2, com 10,2 Kg por cepa de rendimento, valores ligeiramente mais elevados que M0 (9,9 Kg), M1 (0,52 Kg) e M3 (9,9 Kg).

Apesar de condicionalismos climáticos que prejudicaram a elaboração de um ensaio de rega num ano muito chuvoso, foi possível implementar as diferentes modalidades.

A M1 ficou aquém na componente vigor produção; a M2 teve maior expressão de vigor e menor produção, em comparação directa com M1; M3 foi uma modalidade claramente penalizada em relação às restantes. M1 revelou maior eficiência e embora com perdas em termos produtivos, houve ganhos de qualidade. Reunindo toda a informação, as M1 e M2 poderão ser uma mais-valia, havendo necessidade de obter mais dados com mais robustez estatística, em pelo menos mais 2 a 3 ciclos vegetativos da videira e assim reunir condições para inferir conclusões mais robustas.

Ainda, será de considerar a realização de medições complementares, nomeadamente a determinação da abertura dos estomas pelo IRGA, o aferimento da incidência de podridão por modalidade, o estabelecimento de um perfil de análise da humidade no solo e ainda proceder a microvinificações com estabelecimento de um painel de provadores.

6 - BIBLIOGRAFIA

Acevedo-Opazo, C.; Ortega-Farias, S.; Fuentes, S. (2010). Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: an irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation. *Agricultural Water management*. **97**: 956-964.

Aveleda Vinhos S.A. Disponível na WWW:<URL:<http://www.aveledaportugal.pt/> [Consultado a 18 de Setembro de 2014. 18H00m].

Bindon, K.; Dry, P.; Loveys, B. (2008). Influence of partial rootzone drying on the composition and accumulation of anthocyanins in grape berries (*Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon). *Australian Society of Viticulture and Oenology Inc.* **14**: 91-103.

Bravdo, B.; Naor, A. (1996). Effect of water regime on productivity and quality of fruit and wine. *Acta Horticulturae*. **427**: 15-26.

Bucchetti, B.; Matthews, M. A.; Falginella, L.; Peterlunger, E.; Castellarin, S. D. (2011). Effect of water deficit on Merlot grape tannins and anthocyanins across four season. *Scientia Horticulturae*. **128**: 297-305.

Buss, P.; Dalton, M.; Olden, S.; Guy, R. (2004) Precision management in viticulture – an overview of an Australian integrated approach. Sentek Pty Ltd. WWW:< URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0007e/a0007e02.pdf> [Consultado 22 Setembro 2014. 19h15m].

Calò, A.; Costacurta, A.; Giorgessi, F.; Ubigli, M. (2002). Importance of the soil moisture on the growth-yield balance of vines and on the sensorial quality of wines. *Rivista Viticoltura ed Enologia di Conegliano*, **1**:25-39.

Carbonneau, A. (1980). Recherche sur les systèmes de conduit de la vigne : essai de maîtrise du microclimat de la plante entière pour produire économiquement du raisin de qualité. Thèse de Docteur-Ingénieur, Université de Bordeaux II, 235 pg.

Carbonneau, A. (1983). Méthodes de mesure simples de la surface foliaire exposée par hectare, élément déterminant du système de conduite de la vigne. *Conn. Vigne Vin*. **17**: 281-285.

Carbonneau, A. (1995). La surface foliaire exposée potentielle. Guide pour sa mesure. Vairão (Portugal), COMPTES RENDUS VII GESCO, 39-48.

Carbonneau, A. (1998). Irrigation, vignoble et produit de la vigne. In: Traité d'Irrigation. Paris, Lavoisier Tec & Doc, Cap 4: Aspects Qualitatifs, 257-298.

Carbonneau, A. (2001) Water Management in the vineyard, theory and practice. GESCO, Journée professionnelle : Gestion de l'eau dans le vignoble. Montpellier, 3-7 Julho 2001 AGRO Montpellier ISBN 2-900792-17-7.

Carbonneau, A.; Deloire, A.; Jaillard, B. (2007). La vigne, physiologie, terroir, culture. Dunod, Paris, 2007. ISBN: 978-2-10-049998-4. Pp 431.

Carbonneau, A., Leclair, P., Dumartin, P., Cordeau, J. & Roussel, C. (1997). Regularisation de la Production et de la Qualité des Vins Rouges par le Rognage, l'Effeulage et l'Eclaircissage. *Vignes et Vins*: 256, 19-27.

Castro, R. (2010) A viticultura da Região dos Vinhos Verdes, Os primórdios e do virar do século à actualidade. 41pp.

Castro R.; Cruz, A.; Botelho, M. (2006). Tecnologia Vitícola. MADRP, CVB: 133-137.

Chalmers, D. J.; Mitchell, P.D.; van Heek, L. (1981). Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. **106**: 307-312.

Chalmers, Y. M.; Downey, M. O.; Krstic, M. P.; Loveys, B. R.; Dry, P.R. (2010). Influence of sustained deficit irrigation on colour parameters of Cabernet Sauvignon and Shiraz microscale wine fermentations. *Australian Society of Viticulture and Oenology Inc.* 301-313.

Chavarria, G.; Bergamaschi, H.; Silva, L. C.; Santos, H. P.; Mandelli, F.; Guerra, C. C.; Flores, C. A.; Tonietto, J. (2011). Relações hídricas, rendimento e compostos fenólicos de uvas Cabernet Sauvignon em três tipos de solo. *Bragantia, Campinas*. **70**(3): 481-487.

Chaves, M.M.; Santos, T.P.; Souza, C.R.; Ortuno, M.F.; Rodrigues, M.L.; Lopes, C.M.; Maroco, J.P.; Pereira, J.S. (2007). Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. *Annals of Applied Biology*, **150** (2): 237-252.

Chaves, M.M.; Zarrouk, O.; Francisco, R.; Costa, J.M.; Santos, T.; Regalado, A.P.; Rodrigues, M.L.; Lopes, C.M. (2010). Grapevine under deficit irrigation : hints from physiological and molecular data. *Annals of botany*, **105**:661-676.

Choné, X.; Van Leeuwen, C.; Dubourdieu, D.; Gaudillère, J. P. (2001). Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status, *Ann. Bot.*, **87**: 477-483.

Cifre, J.; Bota, J.; Escalona, J.M.; Medrano, H.; Flexas, J. (2005). Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.) An open gate to improve water-use efficiency? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **106**: 159-170.

CVRVV, Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes (2002) Catálogo de marcas da região dos Vinhos Verdes. A Região Demarcada dos Vinhos Verdes - Um século de História. Porto. ISBN: 972-97940-2-2.

CVRVV (2014). Boas Vinhas. Jornal de distribuição gratuita. Edição nº 001/Julho 2014, CVRVV.

Coombe, B.G.; McCarthy, M.G. (2000). Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. *Aust. J. Grape Wine Res.*, **6** (2): 131-135.

De La hera, M. L.; Romero, P.; Gómez-Plaza, E.; Martinez, A. (2007). Is partial root-zone drying na effective irrigation technique to improve water use efficiency and fruit quality in filed-grown wine grapes under semiarid conditions? *Agricultural Water Management*. **87**: 261-274.

Deloire, A.; Carbonneau, A.; Federspiel, B.; Ojeda, H.; Wang, Z.; Costanza, P. (2003). La vigne et l'eau. *Progrès Agricole Viticole*. **120** (4): 79-90.

Dry, P.R.; Loveys, B.R. (1998). Factores influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. *Aust. J. Grape and Wine Res.*, **4**:140-148.

Dry, P.R.; Loveys, B.R. (1999). Grapevine shoot growth and stomatal conductance are reduced when part of the root system is dried. *Vitis*. **38**(4): 151-156.

Dry, P.R.; Loveys, B. R.; Stoll, M.; Stewart, D.; McCarthy, M. G. (2000). Partial rootzone drying - an update. *Aust. Grapegrower & Winemaker*. **438**: 35-39.

Dry, P.R.; Loveys, B.R.; McCarthy, M.G.; Stoll, M. (2001). Strategic irrigation management in Australian vineyards. *J. Int. Science Vigne Vin*, **35**:129-139.

Du Toit, P.G.; Dry, P.R.; Loveys, B.R. (2003). A preliminary investigation on partial rootzone drying (PRD) effects on grapevine performance, nitrogen assimilation and berry composition. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* **24**(2): 43-54.

Edwards, E. J.; Clingeleffer, P.R (2013). Interseasonal effects of regulated deficit irrigation on growth, yield, water use, berry composition and wine attributes of Cabernet Sauvignon grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. **19**: 261-276.

Egito, R. J. L. (2011). Efeito da disponibilidade hídrica no desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade do mosto na casta Aragonez (*Vitis vinífera*, L.). Tese de Mestrado. ISA-UTL, FC-UP. Lisboa.

EVAG, Estação Vitivinícola Amândio Galhano. (2014). Boletim técnico informativo nº1 -Abril 2014. Estado da vinha à saída do Inverno/Abrolhamento: ano de 2014.

EVAG, Estação Vitivinícola Amândio Galhano. (2014). Boletim técnico informativo nº2 - Junho2014. Estado da vinha à floração/alimpa/bago de chumbo/bago de ervilha: ano de 2014.

FAO (1998). FAO Corporate document repository. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements – FAO, irrigation and drainage, paper 56. DisponívelWWW:<URL:<http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e06.htm#chapter2faopenmanmonteithequation>. [Consultado a 28 de Março de 2014. 09H15m].

- Fereres, E.; Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*. **58**(2): 147-159.
- Ferreira, M. I.; Conceição, N.; Silvestre, J.; Fabião, M. (2012). Transpiration and water stress effects on water use, in relation to estimations from NDVI: Application in a vineyard in SE Portugal. *Options Méditerranéennes*. **67**: 203-208.
- Ferreira, R.E.; Sellés, G.; Peralta, J.; Burgos, L.; Velenzuela, J. (2002). Efectos de la restricción del riego en distintos períodos de desarrollo de la vid cv. Cabernet Sauvignon sobre producción y calidad del vino. *Agricultura técnica*, **62**(3): 406-417.
- Gachons, C. P.; Van Leeuwen, C.; Tominaga, T.; Soyer, J.P.; Gaudillère, J.P.; Dubourdieu, D. (2005). Influence of water and nitrogen deficit on fruit ripening and aroma potential of *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon Blanc in field conditions. *J. Sci. Food agric*. **85**: 73-85.
- Garrido, J.; Mota, T. (2004). Manual Técnico, Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes. EVAG, Arcos de Valdevez. ISBN: 977-97940-3-0.
- Girona, J.; Mata, M.; Campo, J.; Arbonés, A.; Bartra, E.; Marsal, J. (2006). The use of midday leaf water potential for scheduling deficit irrigation in vineyards. *Irrig. Sci.* **24**: 115-127.
- Gurovich, L.; Páez, C.I. (2004). Influencia del riego deficitário controlado sobre el desarrollo de las bayas y la composición química de los mostos y vinos. *Ciencia e Investigacion Agraria*, **32**(3):175-186.
- Huglin, P.; Schneider, C. (1998). Biologie et écologie de la vigne. 2ème édition. Lavoisier Tec & Doc. ISBN: 2-7430-6260-3.
- Hunter, J.J.; Myburgh, P.A. (2001). Ecophysiological basis for water management of vineyards in south Africa, with particular reference to environmental limitations. 12 èmes Journees GESCO, Journee professionnelle: gestion de l'eau dans le vignoble. Montpellier, 3 au 7 juillet. Editeur: AGROMontpellier, école nationale supérieure agronomique de Montpellier. ISBN: 2-900792-17-7.
- INE (2005) Instituto Nacional de Estatística, I.P., Estatísticas Oficiais. Inquérito à Estrutura das Explorações Agrícolas 2005, Edição 2006. ISBN: 972-673-846-6.
- INE (2012) Instituto Nacional de Estatística, I.P., Estatísticas Oficiais. Estatística Agrícola 2012, Edição 2013. ISBN: 978-989-25-0198-7.
- Intrigliolo, D. S.; Castel, J. R. (2009). Response of *Vitis vinifera* cv. 'Tempranillo' to partial rootzone drying in the field: water relations, growth, yield and fruit and wine quality. *Agricultural water management*. **96**: 282-292.
- IPMA - Instituto português do Mar e da Atmosfera - Disponível na WWW:<URL: https://www.ipma.pt/pt/agrometeorologia/vinha/index.jsp?page=det_co.xml [Consultado a 22 de Outubro de 2014. 15H55m].

- IVV (1991) Site oficial da vinha e do vinho. Ministério da Agricultura. A Vinha e o Vinho em Portugal. Disponível na WWW:<URL:<http://www.ivv.min-agricultura.pt/np4/91.html> [Consultado a 28 de Março de 2014. 17H15m].
- IVV. (2011). Catálogo Das Castas Para Vinho Cultivadas Em Portugal. Volume 1, Coordenação de Rolando Faustino, Coordenação Técnico-científica Rogério de Castro. 1ª Edição, Chaves Ferreira-Publicações SA. Lisboa.
- IVV (2013) Instituto da Vinha e do Vinho, I.P. Evolução da produção nacional de vinho por região vitivinícola Disponível na WWW: <URL:<http://www.ivv.min-agricultura.pt/np4/36> [Consultado 27 de Março de 2014. 16h26m].
- IVV (2014) Instituto do Vinho e da Vinha, I.P. Previsão de colheita – Campanha 2014/2015. Nota Informativa Nº 05/2014 de 12 de Agosto de 2014.
- IVV (2014) Instituto da Vinha e do Vinho, I.P. Disponível na WWW:< URL: <http://www.ivv.min-agricultura.pt/np4/7069.html> [Consultado a 18 de Setembro de 2014. 15H05m].
- Jordão, A. M.; Ricardo-da-silva, J. M.; Laureano, O. (1998). Influência da rega na composição fenólica das uvas tintas da casta Touriga Francesa (*Vitis vinífera* L.). *Cienc. Tecnol. Aliment.* **2**(2): 60-73.
- Lopes, C. (2008). Rega da Vinha. I Conferências da tapada. 29 e 30 Outubro. pp 1-13.
- Lopes, C. M.; Santos, T. P.; Monteiro, A.; Rodrigues, M. L.; Costa, J. M.; Chaves, M.M. (2011). Combining cover cropping with deficit irrigation in a Mediterranean low vigor vineyard. *Scientia Horticulturae*. **129**: 603-612.
- Lopes, C.; Pacheco, C.; Vicente-Paulo, J.; Rodrigues, M. (1998). Interesse do potencial hídrico foliar de base como indicador da actividade fisiológica da videira. Actas do 4º Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo, col. 1, ATEVA_CVRA (ed.), Évora, 97-102.
- Lopes, C; Pinto, P.A. (2005). Easy and accurate estimation of grapevine leaf area with simple mathematical models. *Vitis*. **44**(2): 55-61.
- Loveys, B. R. (1984). Abcissic acid transport and metabolism of cytokinins. *Annual Review of Plant Physiology*. **34**: 163-197.
- Machado, J. P. M. V. (2011). Desfolha precoce à floração na casta loureiro (*Vitis vinífera* L.): efeitos nas componentes de rendimento e características físico-químicas dos mosto. Dissertação de mestrado em viticultura e enologia. FCUP, ISA.
- MAMAOT, DRAP Algarve (2011). Estados fenológicos da vinha (segundo Baggioini). DisponívelWWW:<URL:http://www.drapalg.minagricultura.pt/downloads/servicos/Avisos_agricolas/Fenologia_Vinha.pdf [Consultado 16 junho 2014.10H07m].

MADRP (Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas) (2007). Vitivinicultura, diagnóstico sectorial.

Magalhães, N. (2008) Tratado de Viticultura. A videira, a vinha e o *terroir*.. Chaves Ferreira Publicações, S.A. ISBN: 978-972-8987-15-2.

Magalhães, N. (2012) Rega da vinha, uma necessidade na região dos vinhos verdes? Comportamento fisiológico da videira face à rega Caso da região dos Vinhos verdes. Disponível WWW:<URL:<http://www.vinhoverde.pt/pt/noticiasfrescas/jornadasTecnicas/2012/regavinha/comportamentoFisiologico.pdf> [Consultado 10 Março 2014. 16h40m].

McCarthy, M. G.; Loveys, B. R.; Dry, P.R.; Stoll, M. (2002). Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying as irrigation management techniques for grapevines. *FAO Water Reports*. **22**: 79-87.

Mota, M. T. F. O. P. (2005). Potencialidades e condicionalismos da condução LYS. Cv. Loureiro. Região Demarcada dos Vinhos Verdes. Dissertação de doutoramento em engenharia agronómica, ISA.

Myburgh, P.A. (2005). Water status, vegetative growth and yield responses of *Vitis vinifera* L. cvs. Sauvignon Blanc and Chenin Blanc to timing of irrigation during berry ripening in the coastal region of South Africa. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* **26** (2): 59-67.

Nadal, M.; Arola, L. (1995). Effects of limited irrigation on the composition of must and wine of Cabernet Sauvignon under semi-arid conditions. *Vitis*. **34**(3): 151-154.

Ojeda, H. (2001). Ecophysiological bases and technical approach in water management of argentinean vineyards. 12^{èmes} Journées GESCO, Journée professionnelle: gestion de l'eau dans le vignoble. Montpellier, 3 au 7 juillet. Editeur: AGROMontpellier, école nationale supérieure agronomique de Montpellier. ISBN: 2-900792-17-7.

Ojeda, H.; Andary, C.; Kraeva, E.; Carbonneau, A.; Deloire, A. (2002). Influence of pre- and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *Am. J. Enol. Vitic.*, **53**(4):261-267.

Ojeda, H.; Deloire, A.; Carbonneau, A. (2001). Influence of water deficits on grape berry growth. *Vitis*, **40**(3): 141-145.

Oliveira, A. F.; Mameli, M. G.; Pau, L.; Satta, D.; Nieddu, G. (2013). Deficit irrigation strategies in *Vitis vinifera* L. cv. Cannonau under mediterranean climate. Part I – physiological responses, growth, yield and berry composition. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* **34** (2): 170-183.

OIV (2014). Organisation Internationale de la Vigne et du Vin. StatOIV Extracts. Disponível na WWW:< URL: <http://www.oiv.int/oiv/info/frstatoivextracts2> [Consultado 18 Setembro 2014. 16h00m].

- Pacheco, C.M.A (1989). Influência de técnicas de não mobilização e de mobilização sobre aspectos estruturais e hídricos de solos com vinha, bem como sobre o respectivo sistema radicular. Consequências das relações hídricas solo-vinha na produção. Dissertação de Doutoramento. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 423p.
- Pacheco, C.A.; Dias A.C.; Dias P.S.S.; Boteta L.M.L.; Silvestre J. (2007). Rega deficitária na vinha: produção e gestão da rega. **II Congresso Nacional de Rega e Drenagem**. Fundão 26-28 Junho.
- Pellegrino, A.; Gozé, E.; Lebon E.; Wery, J. (2006). A model-based diagnosis tool to evaluate the water stress experienced by grapevine in field sites. *Europ. J. Agronomy*. **25**: 49-59.
- PMS Instrument Company. Model 600 pressure chamber instrument. Operating instructions. Disponível na WWW:< URL: <http://www.pmsinstruments.com> [Consultado 23 Setembro 2014. 18h40m].
- Pilar, B.; Sánchez-de-Miguel, P.; Centeno, A.; Junquera, P.; Linares, R.; Lissarrague, J. R. (2007). Water relations between leaf water potential, photosynthesis and agronomic vine response as a tool for establishing thresholds in irrigation scheduling. *Scientia Horticulturae*. **114**: 151-158.
- Pordata - Base de dados Portugal Contemporâneo - Disponível na WWW:< URL: <http://www.pordata.pt/Portugal/Ambiente+de+Consulta/Tabela> [Consultado 17 Setembro 2014. 13h40m].
- Prichard, T.; Hanson, B.; Schwankl, L.; Verdegaal, P.; Smith, R. (2004) Deficit irrigation of quality winegrapes using micro-irrigation techniques. University of California Cooperative Extension, Department of Land, Air and Water Resources. University of California Davies, April 2004.
- Queiroz, J. (2002). Condução e relações rendimento qualidade de castas nobres do Douro. Tese de Mestrado, FCUP. Porto
- Raziei, T.; Pereira, L.S. (2013). Estimation of ET_0 with Hargreaves-Samani and FAO-PM temperature methods for a wide range of climates in Iran. *Agricultural Water Management*. **121**: 1-18.
- Ribeiro, A. C.; Andrade, J. V. (2011). Estratégias de rega deficitária na vinha em regiões de clima mediterrânico. Actas "Agroecologia e desenvolvimento sustentável", Bragança, 24 Março de 2011.75-88.
- Rizza, F.; Badeck, F. W.; cattivelli, O.; Lidestri, O.; Di Fonzo, N.; Stanca, A. M. (2004). Use of a water stress index to identify barley genotypes adapted to rainfed and irrigated conditions. *Crop. Sci.* **44**: 2127-2137.

Roby, G.; Matthews, M. A. (2004). Relative proportions of seed, skin and flesh, in ripe berries from Cabernet Sauvignon grapevines grown in a vineyard either well irrigated or under water deficit. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. **10**: 74-82.

RVV, Rota Vinhos Verdes, (2014). Disponível na WWW:< URL: Disponível na WWW:< URL: <http://www.rota.vinhoverde.pt/região.php?lingua=1> [Consultado 27 Setembro 2014. 23h40m].

Rousseau, J.; Pozzo di Borgo, C. (2010). Programação de diferentes estratégias de irrigação: influência sobre a qualidade das uvas e dos vinhos. *www.infowine.com – Revue internet de viticulture et oenology*. 6: 1-9.

Ruiz, V. S. (2001). Ecophysiological bases and technical choices for water management in mediterranean vineyards: experience spain. 12èmes journées GESCO. Journée professionnelle: “Gestion de l’eau dans le vinoble”. Montpellier, 3-7 Juillet. Edit. AGROMontpellier. ISBN: 2-900792-17-7.

Santesteban, L.G.; Royo, J.B. (2006). Water status, leaf area and fruit load influence on berry weight and sugar accumulation of cv. ‘Tempranillo’ under semiarid conditions. *Scientia Horticulturae*. **109**: 60-65.

Santos, T. P.; Lopes, C. M.; Rodrigues, M. L.; Souza, C. R.; Ricardo-da-Silva, J. M.; Maroco, J. P.; Pereira, J. S.; Chaves, M.M. (2005). Effects of partial root-zone drying irrigation on cluster microclimate and fruit composition of field-grown Castelão grapevines. *Vitis*. **44**(3): 117-125.

Santos, T. P.; Lopes, C. M.; Rodrigues, M. L.; Souza, C. R.; Ricardo-da-Silva, J. M.; Maroco, J. P.; Pereira, J. S.; Chaves, M.M. (2007). Effects of deficit irrigation strategies on cluster microclimate for improving fruit composition of Moscatel field-grown grapevines. *Scientia Horticulturae*. **112**:321-330.

Schultz, H.R. (2000). Physiological mechanisms of water use efficiency in grapevines under drought conditions. *Acta Hort.*, **526**:115-136.

Silva, O. O.; Ramôa, S.; Mendes, S.; Guerreiro, C.; Boteta, L.; Fernandes, A. (2014). Efeito da rega deficitária controlada na produção de uva para vinho: um caso de estudo no Baixo Alentejo. Dossier técnico, Revista Vida Rural, nº 1797, ano 62, Maio 2014.26-28.

Silvestre, J.; Mota, T.; Arantes, F. (2006). Estratégias de rega para a região dos Vinhos Verdes “Apresentação de um caso estudo com a casta vinhão”; Disponível na WWW:<URL:http://www.vinhoverde.pt/pt/noticiasfrescas/jornadastecnicas/2006/JornadastecnicasAnoviticola2006/2_rega.pdf [Consultado 10Março 2014. 17h05m].

Smart. R.; Robinson, M. (1991). A handbook for winegrape canopy’s management. MAF, Austrália. 96pg. ISBN: 9781875130108.

- Soar, C. J.; Dry, P.R.; Loveys, B. R. (2006). Scion photosynthesis and leaf gas exchange in *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz: mediation of rootstock effects via xylem sap ABA. *Australian Journal of Grape and wine Research*. **12**: 82-96.
- Souza, C. R.; Bassoi, L. H.; Filho, J. M. P. L.; Silva, F. F. S.; Viana, L. H.; Dantas, B. F.; Pereira, M. S.; Ribeiro, P. R. A. (2009). Water relations of field-grown grapevines in the São Francisco valley, Brazil, under different rootstocks and irrigation strategies. *Sci. Agri*. **66** (4): 436-446.
- Souza, C. R.; Maroco, J. P.; Santos, T. P.; Rodrigues, M. L.; Lopes, C.; Pereira, J. S.; Chaves, M. M. (2005). Control of stomatal aperture and carbon uptake by deficit irrigation in two grapevine cultivars. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. **106**: 261-274.
- Spayd, S.E.; Tarara, J.M.; Mee, D.L.; Ferguson, J.C. (2002). Separations of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *Am. J. Enol. Vitic.* **53**(3):171-182.
- Speirs, J.; Binney, A.; Collins, M.; Edwards, E.; Loveys, B. (2013). Expression of ABA synthesis and metabolism genes under different irrigation strategies and atmospheric VPDs is associated with stomatal conductance in grapevine (*Vitis vinifera* L. cv Cabernet Sauvignon). *Journal of experimental botany*. **67**(7): 1907-1916.
- Stoll, M.; Loveys, B.; Dry, P. (2000). Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. *Journal of Experimental Botany*. **51**(350): 1627-1634.
- Taylor, J.A.; Acevedo-Opazo, C.; Ojeda, H.; Tisseyre, B. (2010). Identification and significance of source of spatial variation in grapevine water status. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. **16**: 218-226.
- Todorovic, M.; Karic, B.; Pereira, L.S. (2013). Reference evapotranspiration estimate with limited weather data across a range of Mediterranean climates. *Journal of Hydrology*. **481**:166-176.
- Williams, L.E.; Araujo, F. J.(2002). Correlations among predawn leaf, midday leaf and midday stem water potential and their correlations with other measures of soil and plant water status in *Vitis vinifera*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **127**(3): 448-454.